

**Veleučilište u Karlovcu**

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mario Arić

**UKAPLJENI NAFTNI PLIN**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2017.

**Veleučilište u Karlovcu**

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mario Arić

**UKAPLJENI NAFTNI PLIN**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2017.

**Karlovac University of Applied Sciences**

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Mario Arić

**LIQUEFIED PETROLEUM GAS**

Final paper

Karlovac, 2017.



**Veleučilište u Karlovcu**

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mario Arić

**UKAPLJENI NAFTNI PLIN**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Matusinović Zvonimir, pred.

Karlovac, 2017.

## ZAHVALNICA

*Ovom prilikom želim se zahvaliti svojem voditelju rada, dr.sc. Matusinović Zvonimiru , na pruženoj stručnoj pomoći i praćenju napretka tokom pisanja ovoga rada. Također se zahvaljujem svim svojim kolegama i prijateljima koji su mi pomogli tijekom ovih godina studiranja, a ponajviše svojoj obitelji na pružanju bezuvjetne potpore.*

## SAŽETAK

U svijetu postoji nekoliko vrsta goriva koja se koriste kako u energetske svrhe tako za pogon vozila. Neki od njih su benzinsko i dizelsko gorivo koji su dugi niz godina prisutni u široj uporabi. Unazad nekoliko desetaka godina uz njih se povećava uporaba prirodnog i naftnog plina. U radu je dan pregled korištenja ukapljenog naftnog plina u kućanstvima, industriji, a naposljetku i kao pogonska goriva za vozila. Ukapljenom naftnom plinu se upotrebljava u više agregatnih stanja. Prirodni plin, kao i naftni plin, pronalazi širu uporabu u kapljevitom stanju. Naftni plin se ne koristi u plinovitom stanju, dok se prirodni koristi kao stlačeni prirodni plin. Od početka ukapljivanja prirodnog plina pa do danas, u procesima ukapljivanja nije došlo do velikih promjena. Prvo ukapljivanje prirodnog plina seže u 19. stoljeće kada je britanski kemičar i fizičar Michael Faraday obavljao pokuse ukapljivanja plinova, između ostalog i prirodnog plina. Objašnjeni su svi problemi na koje se nailazilo tijekom povijesnog razvoja skladištenja i transporta plina. Prikazani su spremnici u koje se skladišti ukapljeni prirodni plin i ukapljeni naftni plin te njihove karakteristike. U današnje vrijeme uporaba prirodnog plina se povećava, a prognozira se da će se konzumacija plina kroz sljedećih desetaka godina dovesti na razinu konzumacije sa sadašnjim komercijalnim gorivima.

Ključne riječi: prirodni plin, naftni plin, ukapljivanje, pogonsko gorivo.

## **ABSTRACT**

There are a few different types of fuels that are currently in daily usage. Fuels are used for supplying houses, as well as for cars. Some of them are diesel and petrol fuels, finding wide usage for a long time. For the last few decades, the usage of Liquefied Natural Gas (LNG) and Liquefied Petroleum Gas (LPG) has grown bigger. In this work, it was explained how the usage of Liquefied Natural Gas (LNG) and Liquefied Petroleum Gas (LPG) was expanded through the past. Since the beginning of liquefaction, steps and work that had to be done had not been changed at all. With the development of technology, the process of Petroleum or Natural gas liquefaction has become easier. In the 19th century, British chemist and physicist Michael Faraday was experimenting with gases in general, by liquefying them. In this work it is explained that during the past, distribution of Liquefied Natural Gas (LNG) and Liquefied Petroleum Gas (LPG) was difficult. The work is explaining the design development of tanks used for storage of LNG and LPG. Today, LPG and LNG are slowly taking place as one of the most important fuels for consumption. The estimate is that in the next few decades, LNG and LPG will reach the consumption of today's common fuels - petrol and diesel.

Key words: natural gas, petroleum gas, liquefaction, engine fuel.



## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. FIZIKALNA SVOJSTVA PROPANA I BUTANA .....	2
3. UKAPLJENI NAFTNI PLIN.....	3
3.1. KOMERCIJALNA SVOJSTVA UNP-a .....	5
3.2. PODRUČJA PRIMJENE UNP-a .....	6
3.3. DOBIVANJE UNP-a .....	7
3.3.1. TRANSPORT PRIRODNOG PLINA IZ PLINSKOG POLJA U POSTROJENJA ZA UKAPLJIVANJE .....	8
3.3.2. POSTROJENJA ZA UKAPLJAVINJE .....	9
3.3.3. PRIPREMA PRIRODNOG PLINA ZA UKAPLJAVINJE .....	10
3.3.4. UKAPLJIVANJE PRIRODNOG PLINA .....	11
3.3.5. PROIZVODNJA UNP-a IZ PRIRODNOG PLINA .....	11
3.3.6. PROIZVODNJA UNP-a IZ NAFTE .....	12
4. SKLADIŠTENJE I TRANSPORT UNP-a.....	13
4.1. KONSTRUKCIJSKI MATERIJALI.....	13
4.2. TRANSPORT UNP-a.....	14
4.3. SPREMNICI ZA UNP-a .....	17
4.3.1. NADZEMNI SPREMNICI ZA UNP .....	18
4.3.2. PODZEMNI SPREMNICI UNP-a .....	20
4.3.3. OZNAČAVANJE I PUNJENJE SPREMNIKA UNP-a: .....	21
4.3.4. OSNOVNI DIJELOVI SPREMNIKA ZA UNP-a .....	23
4.3.5. PROIZVODNJA SPREMNIKA ZA UNP-a .....	23
4.3.6. POSTAVLJANJE SPREMNIKA NA LOKACIJU KORIŠTENJA.....	23
4.4. PLINSKE BOCE .....	25
5. PRETAKALIŠTE UNP-a.....	26
5.1. PUMPE I KOMPRESORI ZA PRETAKANJE UNP-a.....	31
5.2. PRISTUPI, PROMETNICE NA PRETAKALIŠTIMA UNP-a.....	32
5.3. SIGURNOSNA OPREMA NA PRETAKALIŠTIMA UNP-a.....	34
5.4. SIGURNOSNI POSTUPAK U SLUČAJU ISTJECANJA UNP-a .....	35
5.5. PUNJENJE PLINSKIH BOCA I PRIJENOSNIH SPREMNIKA .....	35
5.6. ISPARIVAČI UNP-a.....	37
6. PRIMJENA UNP-a ZA POGON VOZILA.....	38

6.1. SIGURNOST PRILIKOM KORIŠTENJA UNP-a ZA POGON VOZILA .....	41
7. EKOLOŠKA PRIMJENA UNP-a.....	42
8. ZAKLJUČAK .....	43
9. LITERATURA.....	44
10. POPIS SLIKA I TABLICA.....	45
11. PRILOZI.....	46

## **1. UVOD**

U svijetu postoji nekoliko vrsta goriva koja se koriste u energetske svrhe te isto tako za pogon vozila. Osim komercijalnih goriva koja se u prirodi nalaze u kapljevitom stanju, zastupljeno je i gorivo koje se u prirodi nalazi u plinovitom stanju, a to je prirodni plin. U odnosu na komercijalna goriva, prirodni i naftni plin prilikom izgaranja ne ispuštaju štetne komponente u atmosferu. Počeci ukapljivanja sežu u 19. stoljeće. Od početka pa do današnjih dana, procesi ukapljivanja nisu se uveliko mijenjali, već se razvojem tehnologije olakšalo provođenje procesa.

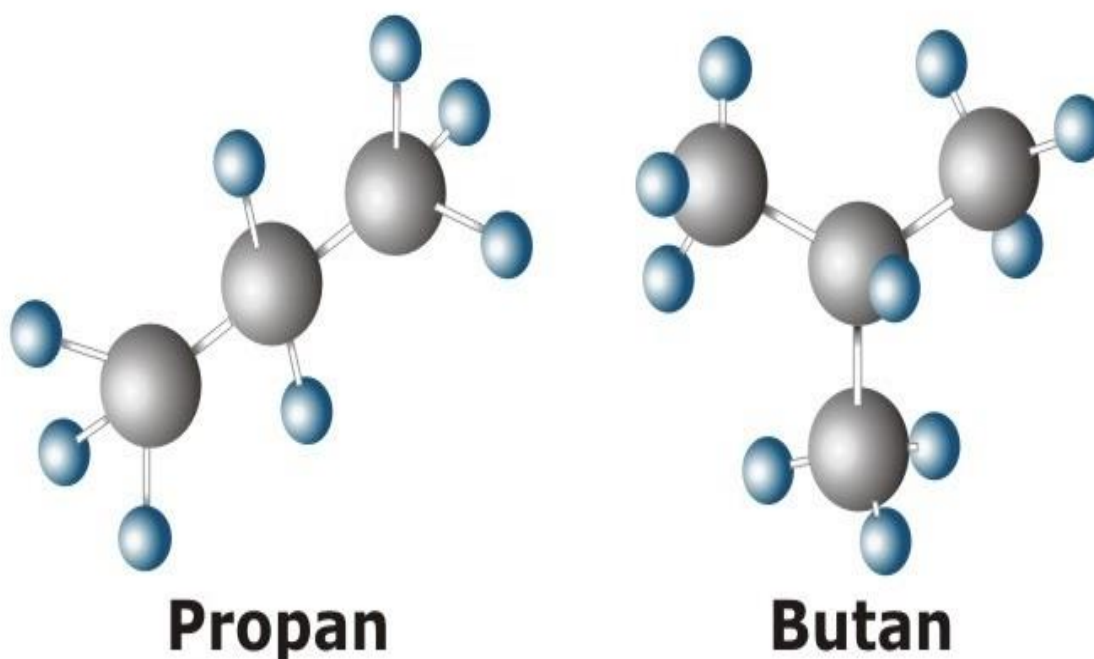
Skladištenje i transport zahtijevaju posebne mjere proizvodnje spremnika i održavanja. Spremnici moraju biti izrađeni od materijala otpornih na ekstremno niske temperature ili otporni na visoke tlakove unutar spremnika. Navedeni zahtjevi ukapljivanja odnosno komprimiranja glavni su problemi s kojima se konstruktori suočavaju prilikom transporta i skladištenja plina.

Zadnjih pola stoljeća došlo je do povećanog korištenja plinova u energetske svrhe. To je omogućeno isključivos razvojem tehnologije i povećanjem broja novih materijala..

## 2. FIZIKALNA SVOJSTVA PROPANA I BUTANA

Propan i butan spadaju u skupinu plinova. Propan je plin kojega karakterizira laka zapaljivost, mogućnost prelaska u tekuće stanje te je plin bez boje i mirisa. Izuzetno je opasan u velikom količinama jer može djelovati kao narkotik te može izazivati gušenje.

Butan je također isto plin koji je bez boje i mirisa te koji lako prelazi u tekuće stanje. Glavna razlika između ova dva plina je što butan isparava na temperaturi ispod nule a propan na temperaturi od  $-44^{\circ}\text{C}$ .



Slika 1. Molekule propana i butana[1]

Propan je plin is skupine ugljikovodika koji u svojoj molekularnoj strukturi ima 3 ugljikova atoma. Kemijska formula mu je  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Molarna masa propana je  $44,1 \text{ g/mol}$ , točka vrelišta:  $-42^{\circ}\text{C}$ , gustoća:  $20,01 \text{ kg/m}^3$ , talište:  $-188^{\circ}\text{C}$ , klasifikacija: alkani.

Butananova se sastoji od 4 atoma ugljika, kemijska formula mu je  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Molarna masa butana iznosi:  $58,12 \text{ g/mol}$ , točka vrelišta:  $-1^{\circ}\text{C}$ , gustoća:  $-140^{\circ}\text{C}$ , klasifikacija: alkani [1].

### 3. UKAPLJENI NAFTNI PLIN

Ukapljeni naftni plin se (UNP) u međunarodnom prometu označava kraticom (LPG) od engleskog izraza Liquefied petroleum gas. To je smjesa različitih frakcija plina. U komercijalne svrhe osim kratice UNP često se primjenjuje termin propan – butan.

Kada se govori o UNP-u, treba razlikovati dva stanja kapljevito i plinovito te tri faze; kapljevita, parovita i plinovita. Pojam stanja je vezan na agregatno stanje, a faze uz ponašanje plina u zatvorenom spremniku pri određenim uvjetima. Za prelazak iz jedne faze u drugu, odnosno stanja, treba dovesti ili odvesti toplinu.

Osnovni su sastojci ukapljenog naftnog plina zasićeni niži ugljikovodici (propan, propen, butan, buteni te njihovi izomeri) tvari koje se pri normalnim uvjetima nalaze u plinovitom stanju, no već pri tlaku od 1,7 bar prelaze u kapljevito stanje, pri čemu im se volumen smanjuje čak 270 puta. I upravo je to glavni razlog njegove izuzetne prihvatljivosti za uporabu – prevozi se i skladišti kao kapljevina, a koristi kao plin.

Naziva se ukapljen zbog toga što se relativno niskom tlaku pretvara u tekućinu i u takvom stanju prevozi i skladišti. Naziv „nafti“ je dobio zbog svog podrijetla jer su osnovne sirovine za njegovo dobivanje naftni zemni plin i nafta.

Ukapljeni naftni plin je zbog svoji izuzetnih svojstava uveliko zamijenio klasična goriva. Prednosti UNP nad drugim gorivima su:

- Laka i ekonomična proizvodnja
- Izgara čistim plamenom (produkti izgaranja su CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O)
- Temperatura i tlak se mu lako kontroliraju i reguliraju
- Mali postotak štetnih sastojaka (npr. Sumpor)
- Njegov koeficijent volumnog širenja po skladištinom prostoru, prema raspoloživoj energiji koju daje, znatno je veći od koeficijenta drugih goriva
- Energiju koju daje upotrebljiva je u potpunom obliku, bez gubitaka
- Važna je sirovina u industriji sintetičkih materijala

Glavni nedostaci UNP se svode na njegovu zapaljivost i eksplozivnost; (Temperatura samopaljenja mu je oko 500°C a donja ogrjevna vrijednost mu je veća od prirodnog plina i iznosi oko 100 MJ/m<sup>3</sup>) samim time predstavlja opasnost za okolinu, tako da sigurnost UNP mora biti orijentirana u dva smjera :

- Preventivne mjere sigurnosti
- Funkcioniranje i regulacija opreme za korištenje UNP te posebno čitavi kompleksi instalacija

Glavna obilježja gleda sigurnosti i rukovanja su:

- UNP je teži od zraka
- Sigurno skladištenje u zatvorene posude pod tlakom
- Disfuzija plinske faze UNP u okolinu je vrlo spora
- Mješavina zraka i plina se pali otvorenim plamenom, prekidanje plamena je moguće postići s velikim količinama inertnih plinova
- Mogućnost paljenja mješavine zraka i plina može se smanjiti finom raspršenom vodenom maglom
- Kada temperatura zraka u okolini spremnika raste, u spremniku se ekspandira tekuća faza UNP-a. Zato se skladišni spremnici UNP-a nikada ne smiju puniti do vrha, nego se mora ostaviti odgovarajući prostor za ekspanziju UNP-a.

Osim ugljikovodika, UNP redovito sadržava neugljikovodične tvari kao što su voda, dušik, kisik, amonijak, sumpor i njegovi spojevi u zanemarivim udjelima. Pri tome se voda, amonijak i sumpor smatraju štetnim onečišćenjima:

- Voda uzrokuje stvaranje čvrstih hidrata s ugljikovodicima i smrzavanje dijelova instalacije zimi
- Amonijak je korozivan, posebice za dijelove instalacija od bakra i njegovih slitina
- Sumpor je otrovan i uzrokuje onečišćenje okoliša i sumporni spojevi stvaraju agresivne spojeve u reakciji s vodom iz dimnih plinova pri izgaranju

UNP-u se u pravilu dodaju razni aditivi tvari za poboljšavanje fizikalnih i kemijskih svojstava, a najčešći su:

- Metanol sredstvo protiv smrzavanja zimi (u količini 1- 1,5 l/m<sup>3</sup>)
- Odoranti za brzo i jednostavno otkrivanje u slučaju nekontroliranog isticanja (etil-merkaptan u količini 12 g/m<sup>3</sup> i tiofen u količini od 77 g/m<sup>3</sup>)

Čisti UNP je bez boje, okusa i mirisa, ali se za uporabu zahtijeva njegova oborizacija, odnosno dodavanje manjih količina sredstava jakog mirisa, zbog identifikacije. To su kao već navedeni eti-Imerkaptan i tiofen. Tako da s osjetilom njuha možemo osjetiti koncentraciju plina koja je 20% od donje granice eksplozivnosti. Doziranje mora biti u točno određenoj dozi i mora se stalno provjeravati da propisana količina ne bude premašena jer bi to dovelo do poteškoća u njegovoj uporabi.

Sredstva koja s miješaju sa plinom moraju imati određena svojstva:

- Specifičan neugodan miris koji se mora razlikovati od ostalih mirisa u kućanstvu i različitim tehnološkim procesima
- Ne smiju kondezirati u plinovodu
- Ne smiju biti korozivna sredstva
- Izgaranjem plina moraju potpuno izgorjeti
- Ne smiju biti otrovna tvar

### 3.1. KOMERCIJALNA SVOJSTVA UNP-a

Komercijalni UNP, osim glavnog sastojka propana i butana, sadrži i određene količine drugih ugljikovodika npr. etan, etilen, pentan.

Kemijski sastav težinskih dijelova UNP-a prema standardu koje mora ispunjavati:

- Butana najviše do 65%
- Ugljikovodika  $C_1$  i  $C_2$  (metan i etan) do 3%
- Ugljikovodika  $C_5$  (pentan) do 1%
- Propan 32%

Osnovna svojstva trgovačkog propana i butana :

Tablica 1. Svojstva trgovačkog propana i butana[2]

Svojstvo	Trgovački propan	Trgovački butan
Gustoća u ukapljenom stanju pri 15 kg/dm <sup>3</sup>	0,502	0,559
Tlak zasićenja, bar pri 15°C	7,5	1,7
Donja ogrjevna vrijednost pri 15°C	46,0 MJ/kg	45,6 MJ/kg
Volumni udio CO <sub>2</sub> u dimnim plinovima pri potpunom izgaranju	13,7%	14%
Volumni udio dušika pri potpunom izgaranju	86,3%	86%
Najviša temperatura plamena u zraku	1915%	1920%
Maseni udio sumpora	0,005%	0,005%

### 3.2. PODRUČJA PRIMJENE UNP-a

Područja primjene UNP-a mogu se podijeliti u pet skupina:

- Kućanstva, stambene i poslovne zgrade: gorivo u sustavima grijanja i pripreme potrošnje tople vode, za pripremu hrane i sl.
- Ugostiteljstvo i turizam : gorivo u sustavima grijanja i pripreme potrošnje tople vode, za pripremu hrane, za rasvjetu i grijanje otvorenih prostora i sl.
- Industrija i graditeljstvo: gorivo u sustavima grijanja i pripreme potrošnje tople vode ili pare, raznim proizvodnim procesima
- Poljopriveda: gorivo u sustavima grijanja staklenika, za uništavanje korova
- Prometu: pogonsko gorivo u motorima sa unutarnjim izgaranjem

Plin se upotrebljava pomoću sustava s bocama ili sustava sa spremnicima s time što se predhodno obavlja priprema za njegovu uporabu (isparavanje, redukcija i regulacija miješanje sa zrakom). Redukcija i regulacija tlaka isparenog plina provodi se u jednom stupnju ili u nekoliko stupnjeva. Jednostupanjska redukcija i regulacija tlaka, po pravilu se primjenjuje kod sustava sa bocama, a dvostupanjska redukcija i regulacija tlaka kod sustava sa spremnicima.

U domaćinstvima se mogu držati najviše tri boce kapaciteta punjenja od 10 kg plina ili dvije boce kapaciteta punjenja od 15 kg plina. U prostoriji u kojoj se nalazi trošilo za kuhanje ili grijanje može se držati samo jedan boca kapaciteta punjenja od 15 kg



plina. Ako su u domaćinstvima, ugostiteljskim ili u ostalim prostorijama potrebne veće količine plina od navedenih, mora se izvesti stabilna instalacija koja se napaja iz sustava sa bocama.

Prednosti i nedostaci UNP-a kao pogonskog goriva za motorna vozila:

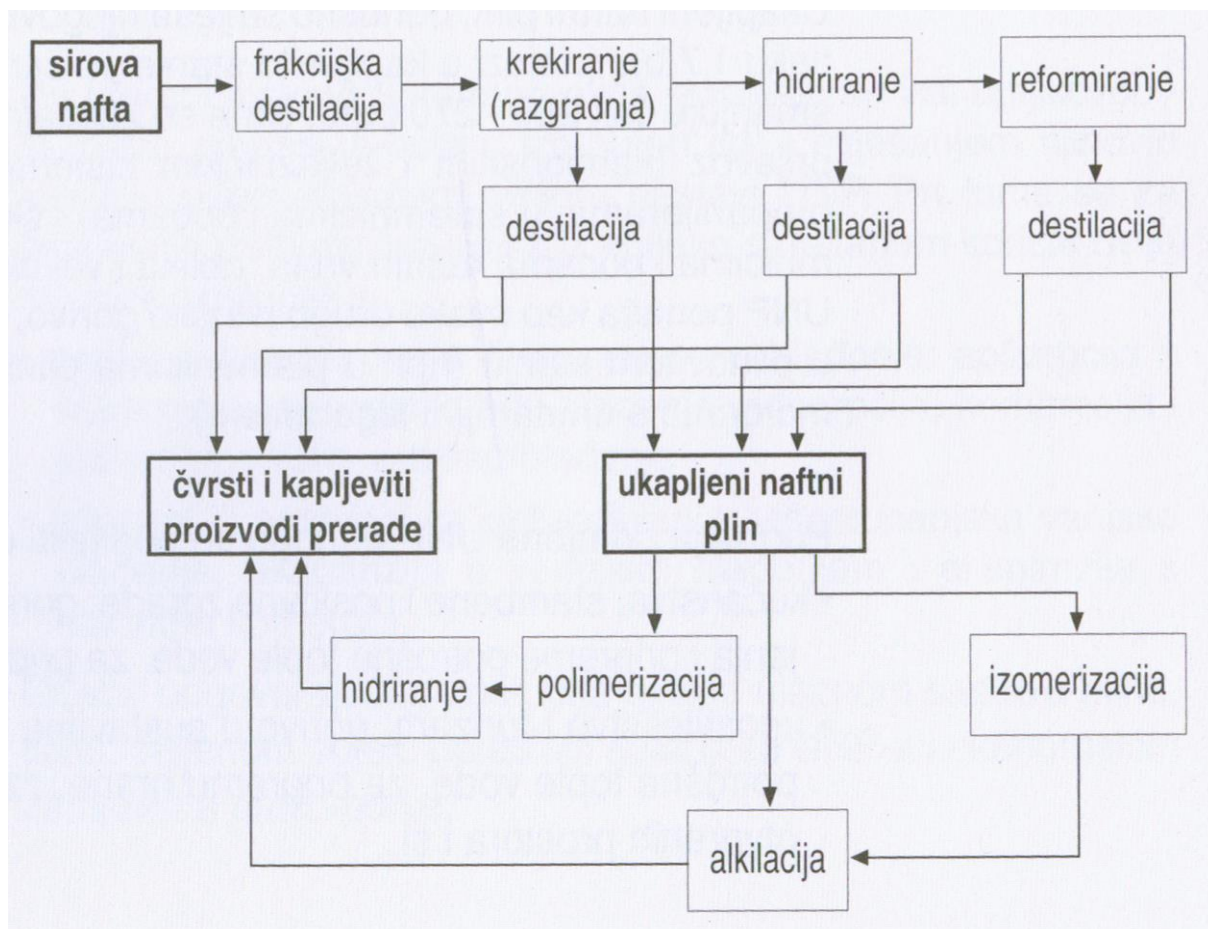
- Punjenje UNP-o je jednostavno kao i kod punjenja benzinom ili naftom i potrebno je gotovo isto vrijeme za punjenje
- Kao i kod benzina i nafte UNP je spremljen kao tekućina, plaća se po litri i ubrizguje se kroz crijevo u spremnik za gorivo
- Postupak punjenja je indentičan, crijevo za punjenje se stavi u otvor koji se nalazi sa strane vozila. Crijevo za punjenje je nepomično kad se okrene u smjeru kazaljke na satu, pritisne se drška i puni se gorivo u vozio, punjenje se može prekinuti kad se drška vrati u početni položaj
- Ne može se slučajno natočiti benzin ili dizel jel otvor crijeva ili vrha štrcaljke točno odgovara otvoru za punjenje u vozilu
- Kao i kod vozila koja koriste uobičajna goriva i vozila na UNP imaju indikator razine goriva u spremniku

### 3.3. DOBIVANJE UNP-a

Glavna sirovine za dobivanje UNP-a su zemni plin i nafta. Gotovo cjelokupna svjetska proizvodnja UNP ostvaruje se preko dva glavna izvora:

- Postrojenja za ekstrakciju UNP iz zemnog plina
- Rafinerije nafte, uz proizvodnju osnovnih rafinerijskih produkata

Podrijetlo proizvodnje UNP određuje kako njegov osnovni kemijski sastav , tako i njegove fizikalne i kemijske osobine. Prinos UNP kod ovih postupaka je 20 do 30% ovisno o sastavu nafte i postupka prerade. Propan i butan u manjim količinama se dobivaju i petrokemijskim postupcima, pri suhoj destilaciji kamenog i crnog ugljena te pri procesima dobivanja umjetnih gnojiva. Najekonomičniji način dobivanja je onaj iz prirodnog plina [2].



Slika 2. Diagram proizvodnje UNP-a pri preradi nafte[2]

### 3.3.1. TRANSPORT PRIRODNOG PLINA IZ PLINSKOG POLJA U POSTROJENJA ZA UKAPLJIVANJE

Prije transporta prirodnog plina iz plinskog polja u terminal potrebno je obaviti određene pripreme. Proces prerade prirodnog plina nakon izlaska iz plinskog polja odvija se kroz faze. Prolazi kroz početno razdvajanje vode i kapljeviti ugljikovodika, potom ulazi u plinsku stanicu. Sadržaj uređaja plinske stanice ovisi o sastavu prirodnog plina, tlaku i temperaturi te namjeni za koju se koristi. Ako se plin transportira do postrojenja za ukapljivanje, potrebno je sniziti točku rosišta ugljikovodika i vode kako bi se spriječili problemi kondenzacije istih i korozije plinovoda. Plinske stanice za transport prirodnog plina sastoje se od postrojenja za odvajanje težih ugljikovodika, postrojenja za dehidraciju i kompresorske stanice.



Slika 3. Naftna i plinska polja kod Ivanić Grada[3]

Na sl.3. prikazana je jednoklipna dubinska pumpa, odnosno mehanički sustav sa klipnim šipkama za proizvodnju nafte, najstariji je sustav za proizvodnje fluida iz bušotina na površinu, a ujedno i najrašireniji u svijetu preko 80%[3].

### 3.3.2.POSTROJENJA ZA UKAPLJAVINJE

Lokacije na kojima se nalaze postrojenja za ukapljivanje prirodnog plina su najčešće uz morsku obalu. Pretežno su na više četvornih kilometara, ovisno o kapacitetu. Postrojenja za ukapljivanje prirodnog plina obuhvaćaju postrojenja za pripremu i ukapljivanje plina, skaldište ukapljenog plina s crpnim spremnicima, postrojenja za ukrcaj plina na brodove, željezničke cisterne ili kamijonske cisterne te i postrojenja za opće potrebe.

Postrojenja za opće potrebe uključuju postrojenja za proizvodnju električne energije, pare i dušika te sustav sigurnosti i protupožarne zaštite. U svim postrojenjima za ukapljivanje prirodnog plina, postoje i dva rasporeda unutar a to su centralizirani i modulni raspored.

### 3.3.3. PRIPREMA PRIRODNOG PLINA ZA UKAPLJAVINJE

Prirodan plin koji dolazi iz bušotina nije pogodan za daljnu preradu ili ukapljivanje. Sve nečistoće i komponente u sirovom prirodnom plinu, koje imaju nepovoljan učinak na ukapljivanje dijele se u četiri grupe:

- Komponente koje se skrućuju pri ukapljivanju ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , propan, butan i etan)
- Toksične komponente ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- Korozivne i erozivne komponente (živa i čvrste čestice)
- Interne komponente (dušik i helij)

Podjelu pripreme plina dijelimo na tri glavna dijela :

- Odvajanje primjesa (tekućih i krutih)
- Uklanjanje kiseline plinova
- Sušenje

Svaki od dijlova pripreme plina za ukapljivanje ima veliku važnost u samom procesu ukapljivanja. Odvajanje primjesa se odvija u separatorima koji se nalaze ispred postrojenja za ukapljivanje zajedno sa mjernom jedinicom. U toj fazi se uklanja živa.

Kiseli plinovi se mogu ukloniti na više načina, tehnološki procesi za čišćenje su:

- Kemijska apsorpcija
- Fizikalna apsorpcija
- Fizikalno- kemijska apsorpcija
- Adsorpcija

Svaki od tehnoloških procesa uklanja kisele plinove ali ovisi o količini u kojoj se nalaze kiseli plinovi u prirodnom plinu koji je dostavljen iz bušotine, koristi se određena tehnologija.

Sušenjem prirodnog plina se u najvećem dijelu uklanja voda i to se može odvijati na dva načina, apsorpcijom kroz otopinu glikola ili adsorpcijom u krutim sušilicama.

### 3.3.4. UKAPLJIVANJE PRIRODNOG PLINA

Kod ukapljivanja prirodnog plina pri tlaku okoline, nužno je spustiti temperaturu plina na veoma nisku približno  $-162^{\circ}\text{C}$ . Točna temperatura prirodnog plina ovisi o njegovom stvarnom sastavu. Tijekom snižavanja temperature odnosno ukapljivanja prirodnog plina odvajaju se teži ugljikovodici kao što su butan, propan i etan. Osim ovog procesa po potrebi se prirodnom plinu smanjuje i udio dušika te se na taj način povećava ogrjevna vrijednost.

Za ukapljivanje prirodnog plina danas postoje tri uobičajne metode:

- Ukapljivanje plina Joule-Thomsonovim prigušnim učinkom
- Claudeovim načinom
- Kaskadnim ciklusom

Navedeni načini mogu se zajedno ili odvojeno ukapljivati. Za sva tri uobičajna načina važno je koliki su pogonski investicijski troškovi kako bi ukapljivanje plina tim metodama bilo opravdano. Bitno je poznavati rad koji se mora obaviti kako bi se prirodni plin ukapljio jer je potrebno odvesti toplinu na temperaturu nižu od okoline i predati je okolini koje je na višoj temperaturi. Najekonomičniji način ukapljivanja prirodnog plina kaskadni način te se on najviše koristi u postrojenjima.

### 3.3.5. PROIZVODNJA UNP-a IZ PRIRODNOG PLINA

Kao što je već spomenuto osnovni sastojci ukapljenog naftnog plina kao je su propan i butan te u manjem ili većem omjeru sudjeluju u sastavu sirovog prirodnog plina. Pri preradi sirovog prirodnog plina izdvajaju se viši ugljikovodici, tijekom procesa razdvajanja nastaju etan, propan, n-butan, izo-butan. Miješanjem njihovih struja u odgovarajućem omjeru nastaje ukapljeni naftni plin

Za odvajanje viših ugljikovodika postoje dvije osnovne skupine postupaka. U prvu skupinu se ubrajaju postupci bez hlađenja ili uz umjereno hlađenje, kao što su: apsorpcija, adsorpcija, kompresija i jednostupanjsko vanjsko hlađenje. U drugu skupinu ubrajaju se kriogeni postupci: višenamjensko vanjsko hlađenje te ekspanziski postupci s vanjskim hlađenjem i s hladnom komorom.

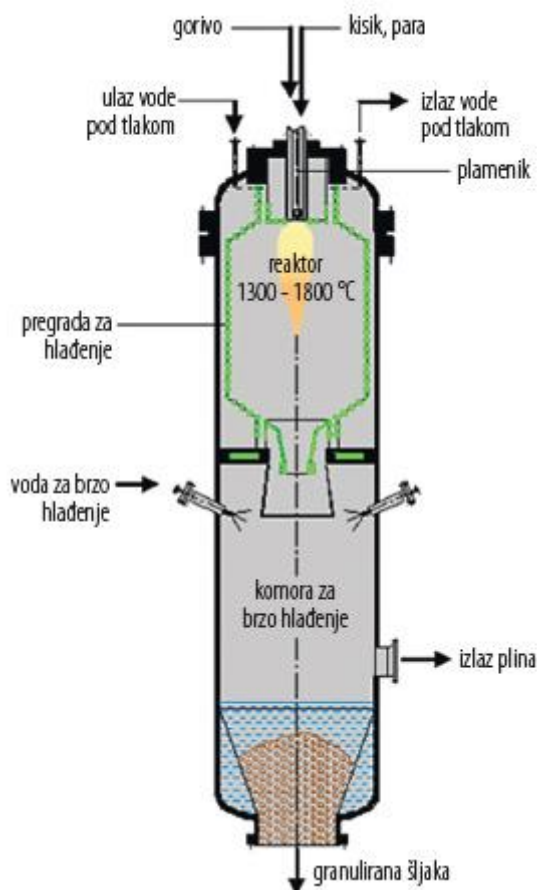
Izbor postupak ovisi o ulaznom plinu, njegovom tlaku, željenom udjelu pojedinih proizvoda te mogućim uštedama pri proizvodnji [4].

### 3.3.6. PROIZVODNJA UNP-a IZ NAFTE

Proizvodnja iz nafte ili njenom rafineriskom preradom. Jedan dio ugljikovodika koji čine ukapljeni naftni plin izdvađa se već u kolonama za frakcijsku destilaciju, u kojima se prije svega proizvode laki benzin, petrolej, loživo i plinsko ulje te teži ostaci.

Takav ukapljeni naftni plin nije pogodan za uporabu jer sadrži previše sumpora, pa se često dalje prerađuje ili koristi kao gorivo u samom procesu prerade.

Daljni postupci prerade u kojima se odvaja najviše sastojaka ukapljenog naftnog plina su: krekiranje, hidriranje i reformiranje.



Slika 4. Reaktora za ukapljavanje plina iz nafte[4]

## 4. SKLADIŠTENJE I TRANSPORT UNP-a

Jedan od osnovnih razloga izuzetne prihvatljivosti ukapljenog naftnog plina je njegov jednostavan transport. Za stlačivanje naftnog plina na gotovo 300 puta manji volumen i njegovu pohranu u prilično male spremnike potrebni su niski tlakovi, već od 1,7 bara. Usporedba sa prirodnim plinom metanom, za njegovo pohranu su potrebni tlakovi od 200 bara.

Prijevoz ukapljenog naftnog plina od proizvođača do potrošača može se odvijati različito, ovisno o načinu i prijevoznom sredstvu:

- Željezničkim prometom (vagonske cisterne)
- Cestovnim prometom (autocisterne)
- Vodenim putevima (brodovi, tankeri za UNP)
- Cjevovodima koji izravno vežu proizvođača i potrošača UNP-a

Kod proizvođača u maloprodaji i veleprodaji te kod velikih potrošača kao što su petrokemijska industrija, ukapljeni naftni plin najčešće se skladišti u velikim, metalnim, zatvorenim spremnicima koji mogu kuglasti i valjkasti, a postavljeni su nadzemno ili podzemno. U nekim zemljama postoje i prirodna, podzemna spremišta, kao što su napušteni rudnici i podzemne šupljine.

Do krajnjih malih potrošača, kućanstava, manja naselja i industrijski pogoni, transportira se u autocisternama i bocama raznih veličina i oblika. Za pogon motornih vozila, vozači se opskrbljuju na posebnim punionicama.

### 4.1. KONSTRUKCIJSKI MATERIJALI

Posude i instalacije za ukapljivanje naftnog plina mogu biti izrađene od bilo kojeg komercijalnog raspoloživog metala jer nisu korozivne, pod uvjetom da su projektirani za odgovarajući tlak i da su primjenjeni svi propisi. Najčešće se, pored čelika, upotrebljava bakar, aluminij, mesing i druge legure.

Materijali za plinovode ukapljenog naftnog plina odabiru se na osnovi razine tlaka te kvaliteti i sadržaju primjesa plina. Danas se najčešće izrađuju plinovodi od polietilena visoke gustoće i čelika, dok su se prije koristili PVC i ljevano željezo. U pravilu viskotlačni plinovod za više od 10 bar su od čeličnih materijala, tvornički izolirani izvana, a po mogućnosti i iznutra.



## 4.2. TRANSPORT UNP-a

Prijevoz se u većini slučajeva odvija uz pomoć autocisterni i vagonskih cisterni. U zadnje vrijeme sve više se koriste tankeri za prijevoz ukapljenog naftnog plina, ne samo od zemlje proizvođača do zemlje potrošača, već i po unutarnjim plovnim putevima.

U mnogim zemljama željeznički prijevoz se smatra ekonomskim i ekološki vrlo prihvatljivim. Vagonske cisterne mogu biti dvoosovinske i četveroosovinske, nosivosti os 22 do 47 tona i volumena spremnika 50 do 110 m<sup>3</sup>.



Slika 5. Četveroosovinska vagon cisterna[5]

Na sl.5. je prikazana četveroosovinska cisterna Zagkks-a koja je namnjena za prijevoz ukapljenog naftnog plina, masa same cisterne je 32 tone, nosivost cisterne iznosi 39,5 tona, zapremnina teretnog prostora 60 m<sup>3</sup>. Vagonska cisterna ovoga tipa prema HRN EN 12972 i RID 2013 mora biti periodično pregledana svaki 8 g. Takav pregled uključuje: tehničku dokumentaciju, vanjski i unutarnji pregled cisterne, provjera postolja, provjera opreme cisterne (ventili za punjenje i pražnjenje, centralni



ventil, cjevovodi i ulazni otvor), tlačnu probu na ispitani tlak, ispitivanje nepropusnosti tijela na tlak jednak maksimalnom radnom tlaku.

Cisterna odnosno spremnik je valjkastog oblika, zatvorene konstrukcije od čelika finoizrnate mikrostrukture. Takav čelik je otporan na udare i kod niskih temperatura. Tlak u spremniku odgovara tlaku zasićenja propana na 50°C ( 17,3 bara ).Spremnik je izvana je obojan svijetlom bojom, najčešće aluminiskim premazom kako bi se odbijalo sunčevo zračenje, a po cijelom opseguje povučene crta crne ili naračaste boje širine 300 mm koja označava da se radi o ukapljenom naftnom plinu.

Tamo gdje je isplativije odnosno na manje udaljenosti ukapljeni naftni plin se prevozi kamionima. Valjkasti spremnici se postavljaju na nadograđeno pogonsko vozilo ili prikolice. Mogu prihvatiti od 1 do 30 tona plina. S obzirom na veličinu autocisterne dijele se na cisterne za prijevoz i cisterne za opskrbu



Slika 6. Autocisterna za prijevozu ukapljenog naftnog plina[6]

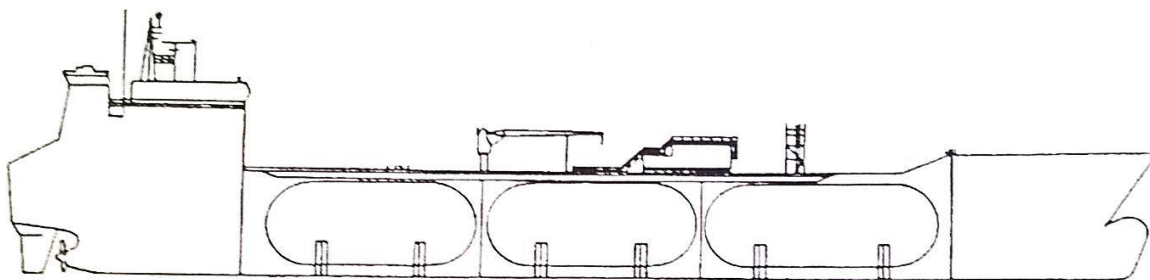
Nakon drugog svjetskog rata, počinju se graditi brodovi za prijevoz ukapljenog naftnog plina. Kasnije se pokazalo da je ovakav način prijevoza na dulje udaljenosti vrlo isplativ. Brodovi za prijevoz ukapljenog naftnog plina smatraju se plovilima izuzetne visoke opasnosti. Građeni su uz primjenu najsuvremenije tehnike i

tehnologije i namjenjeni za prijevoz tereta za suvremenu industriju. Malo drugih tereta koji se prevoze ima tako opasnih svojstava kao ukapljeni naftni plin (zapaljivost, eksplozivnost, otrovnost).

Brodovi za prijevoz UNP-a po opasnosti i riziku jedino mogu uspoređivati s brodovima koji imaju nuklearni pogon ili s onima koji prevoze nuklearni materijal. Jedna od važnijih karakteristika ovakvih brodova je da su kvalitetno izgrađeni i održavani, dobro opremljeni i moderizirani, te da teret koji prevoze zahtijeva maksimalni opre tokom svih operacija rukovanja teretom.



Slika 7. Tanker za prevoz ukapljenog naftnog plina[7]



Slika 8. Podijela rezervara na tankeru za prevoz ukapljenog naftnog plina[8]

#### 4.3. SPREMNICI ZA UNP-a

Uloga spremnika za UNP-e je skladištenje većih količina ukapljenog naftnog plina kod proizvođača, prodajnih tvrtki ili potrošača. Što se tiče oblika spremnika ukapljenog naftnog plina, dijele se na dva osnovna oblika valjkasti i kuglasti.



Slika 9. Mali nadzemni spremnik za domaćinstvo[9]

Spremnici za ukapljeni naftni plin se mogu razlikovati prema sljedećim kriterijama:

- Prema veličini: spremnici od mali  $10 \text{ m}^3$  i velike spremnici od 10 do  $200 \text{ m}^3$
- Prema obliku: valjkasti ili cilindrični i kuglasti ili sferni
- Prema mjestu postavljanja: ukopani ili podzemni, djelomično ukopani, nadzemni.
- Prema načinu: nepomični ili stabilni, prijenosni
- Prema broju: postavljaju se u nizu i tako čine skladišno postrojenje
- Prema hlađenju: hlađeni i nehladeći spremnici, ovisno je li u njima potrebna određena temperatura

#### 4.3.1. NADZEMNI SPREMNICI ZA UNP

Nadzemni spremnici mogu biti cilindrični ili kuglasti. Cilindrični spremnici se najčešće postavljaju u vodoravnom položaju, oslonjeni na dva ili više betonskih nosača, zapremnina od  $10 \text{ m}^3$ ,  $30 \text{ m}^3$ ,  $60 \text{ m}^3$  i  $100 \text{ m}^3$ . Kuglasti ili sferni obično se primjenjuju za skladištenje većih kapaciteta u rafinerijama, petro-kemijskoj industriji ili kod velikih potrošača ukapljenog naftnog plina. Kuglasti spremnici za razliku od cilindričnih spremnika imaju mnoge prednosti:

- Zbog savršenog geometrijskog oblika (kugle je bolji raspored tlaka nego kod cilindra) zahtijeva manje materijala
- Smanjen broj zapornih ventila i sigurnosnih amatura
- Teren koji zauzima je mnogo manji od površine koja je potreban za cilindrični spremnik istog kapaciteta
- S obzirom na veličinu smanjuje troškove postavljanja

Međusobna udaljenost spremnika i objekata, javnog puta ili puta unutar postrojenja, mora biti u skladu s propisima. Udaljenost se mora mjeriti u vodoravno u svim smjerovima od vanjskih dijelova nadzemnog spremnika od gabarita građevine i na tom prostoru ne smije biti nikakva izvor paljenja ili električni vodovi bez obzira na napon. Ovaj se prostor mora čistiti od zapaljivog materijala.

Nadzemni spremnici u pravilu se postavljaju izvan građevine. Ne smiju se postavljati ispod javnih putova i temelji ispod nadzemnog spremnika moraju imati vatrootpornost najmanje 120 minuta [5].

Spremnici moraju biti uzemljeni. Voda za hlađenje nadzemnog spremnika moraju se odvoditi tehnološkom kanalizacijom ili moraju slobodno otjecati tako da se spriječi taloženje vode oko spremnika.

Priključci za punjenje i pražnjenje nadzemnih spremnika moraju imati postavljenje natpise na kojima se jasno vidi jesu li spremnici spojeni sa parnom ili tekućom fazom. Spremnici se pregledavaju najmanje dva puta godišnje i o pregledima se mora voditi evidencija. Nadzemni spremnik mora biti na prikladan način zaštićen od sunčevih zraka, a od drugih izvora topline pomoću hidrantske mreže i vatrogasne opreme.

Vatrogasna oprema može biti u izvedbi:

- Stabilne instalacije na nadzemnom spremniku ili hidrantskoj mreži
- Prijevoznih aparata za gašenje požara

Stabilne instalacije moraju imati kapacitete vode od 10 l/min po m<sup>2</sup> površine spremnika s tlakom-na izlazu iz sustava od najmanje 3,5 bara u trajanju od najmanje 120 minuta.

Stabilne instalacije mogu biti izveden:

- Sustav za raspršivanje vode postavljen isključivo na nadzemni spremnik
- Stabilna instalacija na hidrantskoj mreži isključivo sa bacačem vode na spremnik
- Kombinirani sustav sa instalacijom za raspršivanje vode na nadzemni spremnik i bacačima vode stalno spojenima na hidrantsku mrežu.

Broj prijevoznih aparata za gašenje požara određuje se:

- Za jedan nadzemni spremnik, jedan aparat kapaciteta od 50 kg praha ili drugog odgovarajućeg sredstva za gašenje požara
- Za dva ili više nadzemnih spremnika po jedan aparat kapaciteta 50 kg praha ili drugog odgovarajućeg sredstva za gašenje požara.

#### 4.3.2. PODZEMNI SPREMNICI UNP-a

Pod podzemne spremnike podrazumijevaju se potpuno ukopani spremnici ili spremnici postavljeni u komore, čija se razina plašta nalazi najmanje 60 cm ispod razine terena, kao i spremnici smiješteni u podzemne špilje u kojima geološki uvjeti to dopuštavaju. Svi poluukopani ili dijelomice ukopani smatraju se nadzemni spremnicima.

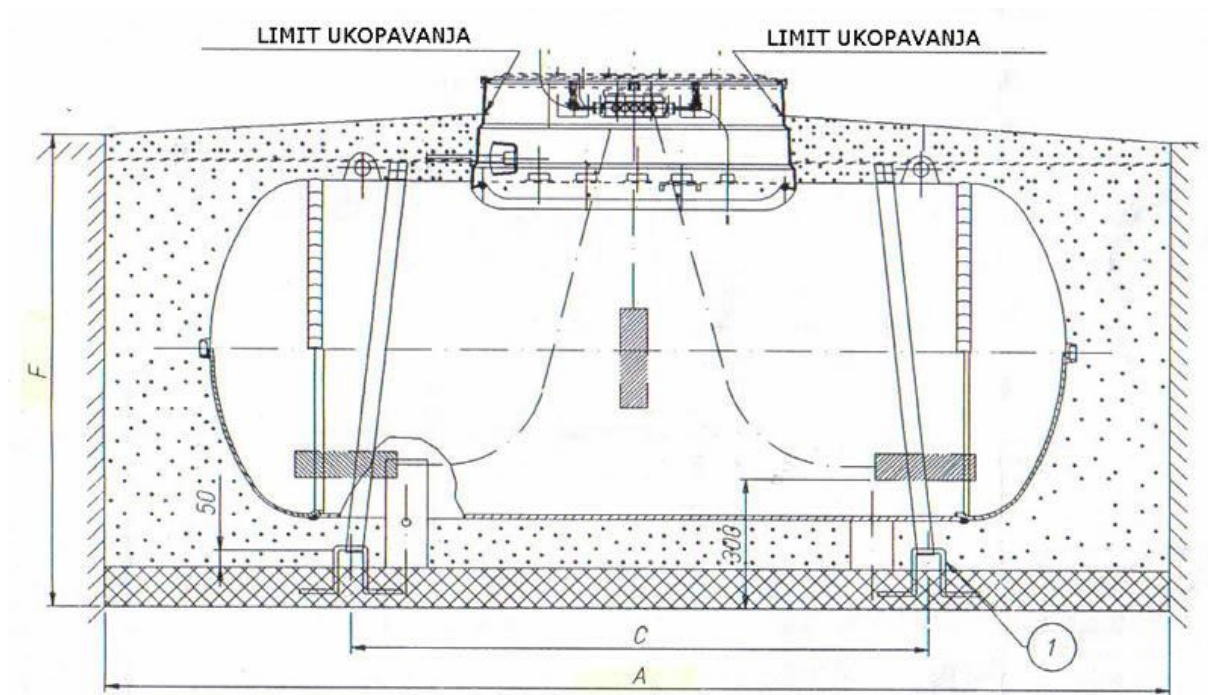
Za stavljanje potpuno ukopanog spremnika moraju biti ispunjeni određeni uvjeti:

- Da je izgrađen i opremljen za podzemnu ugradnju
- Da je prije ukopavanja ispitan
- Da su mu vanjske površine zaštićene od korozije materijalom debljine najmanje 6 mm.
- Da je položen na sloj pijeska debljine 20 cm, koji pri polaganju spremnika mora biti suh
- Da je osiguran od pomicanja i od tlaka podzemnih voda
- Da je komora izvedena nepropusno na spoji dna i vertikalnih zidova
- Da je dno komore izvedeno najmanje 1% prema taložniku
- Da je u komori osigurana odgovarajuća ventilacija

Podzemni spremnici moraju imati otvor za ulaz i mora se najmanje jednom u 5 godina potpuno otkriti zbog pregleda vanjske površine. Iznad podzemnog spremnika ne smije se izgrađivati bilo kakva građevina i putovi. Podzemni spremnici ne smiju se postavljati jedan iznad drugog. Odušne cijevi sigurnosnih ventila spremnika moraju se sigurno učvrstit i nalaziti na visini najmanje 2,5 m iznad okolnog terena. Odvodnjavanje zaštitnih okana mora biti riješeno tako da sprječava prodiranje plina u kanalizaciju. Električne instalacije kod iznad podzemnih spremnika moraju ispunjavati propise o električnim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženim od eksplozivne smjese.

Vatrogasne instalacije podzemnih spremnika sastoje se od hidrantskih mreža i prijenosnih vatrogasnih aparata za gašenje požara.





Slika 10. Podzemnog spremnika[10]

#### 4.3.3.OZNAČAVANJE I PUNJENJE SPREMNIKA UNP-a:

Veoma važna stvar prilikom punjenja spremnika je ostavljanje određenog volumena spremnika praznim. Razlog tome je što uslijed temperaturnih promjena dolazi i do promjena volumena kapljevite faze. Slobodni volumen može se izračunati formulom:

$$V_p = \frac{S \cdot V_{sp}}{100 \cdot y \cdot K} \quad (1)$$

$V_p$  – najviši dopušteni volumen plina u spremniku

$S$  – stupanj punjenja %

$V_{sp}$  – stvarni volumen spremnika

$y$  – specifična težina pri 15°C

$K$  – volumni koleraciski faktor

Razlikujemo oznake na hlađenim i nehlađenim spremnicima. Na pločici koja je na nehlađenom spremniku stoji: oznaka propisa i norme, volumen spremnika, pretlak,

vanjska površina plašta spremnika, oznaka mjesta postavljanja, oznaka najveće razine do koje se može puniti plinom.

Na pločici koja je hladenom spremniku nalazi se: oznaka propisa i norme, volumen spremnika, najmanja projektna temperatura spremnika, projektna gustoća plina, najveća dopuštena razina vode do koje se spremnik može puniti i najveća razina punjenja plinom.

	
<b>ĐURO ĐAKOVIĆ</b>	
<b>PROIZVOĐAČ</b>	<b>ZAVARENE POSUDE d.d</b>
<b>MAX. RADNI TLAK PS</b>	<b>16,4 BAR</b>
<b>TEMPERATURA TS MIN/MAX</b>	<b>-20°C/+40°C</b>
<b>KATEGORIJA POSUDE</b>	<b>IV</b>
<b>GODINA PROIZVODNJE</b>	<b>2010</b>
<b>TVORNIČKI BROJ POSUDE</b>	
<b>VOLUMEN</b>	<b>60 000 LITAR</b>
<b>ISPITNI TLAK PT</b>	<b>24,6 BAR</b>
<b>DATUM ISPITIVANJA</b>	<b>- - 2010</b>
<b>NAZIV PLINA</b>	<b>PROPAN-BUTAN</b>
<b>MAKSIMALNO PUNJENJE</b>	<b>80%</b>

Slika 11. Prikaz pločice za propan-butan[11]



#### 4.3.4.OSNOVNI DIJELOVI SPREMNIKA ZA UNP-a

Dijelovi od kojih se sastoje spremnici za ukapljeni naftni plin su: plašt, podnice samo za nadzemni spremnik, dva ili više oslonaca isto samo za nadzemni spremnik, priključni otvor, zaštitni poklopac i ušice.

Uz navedene osnovne dijelove na spremniku se još postavlja dodatna oprema koja omogućava ispravni i sigurni rad spremnika. Dodatni dijelovi koji se još upotrebljavaju je su : ventil za kapljevitu fazu, ventil za plinovitu fazu, sigurnosni ventil, protulomni ventil, pokazivač razine kapljevite faze i plinovite faze. Svaki dio od dodatne oprema ima jako veliku važnost u samom radu spremnika.

#### 4.3.5.PROIZVODNJA SPREMNIKA ZA UNP-a

Posude pod tlakom , u što spadaju i spremnici za ukapljeni naftni plin, moraju slijediti strogo utvrđeni red proizvodnje. Izrada projekta treba sadržavati opis sljedećih dijelova projekta: proračun čvrstoće, tehnički opis, izrada montažnog i crtežnog dijela, odabir postupka zavarivanja, opseg i način kontrole. Svim navedenim dijelovima projekta može se samo baviti ovlaštena tvrtka. Projekti se moraju u dva primjerka dostaviti Državnom inspektoratu i Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo.

Na kraju proizvodnje spremnika slijedi pregled inspektora. Pregled se obavlja, odnosno prisustvuje tlačnoj probi (pri tlaku od 25 bara) te inspektor još mora pregledati atestnu dokumentaciju.

Nakon provedenih svih pregleda i testova izdaje se potvrda proizvođaču koja uključuje tehnički opis, montažni crtež, sve izvedene propačune i korištene propise i norme, popis atesta za korištenje materijala i podatke o zavarivanju i načinu ispitivanja. Nakon svega, spremnik se pušta na tržište, uz utiskavanje čeličnog žiga na pločicu spremnika.

#### 4.3.6.POSTAVLJANJE SPREMNIKA NA LOKACIJU KORIŠTENJA

Prilikom postavljanja spremnika na lokaciju na kojoj će se koristiti, moraju se poštivati različiti redosljedi, radnje i uvjeti. Kroz devet različitih postupaka, a to su redom: odabir mjesta postavljanja, rješenje MUP-a o lokoaciji, prijava Državnom inspektoratu, uvid inspektora Državnog inspektorata, tlačna proba, nalaz MUP-a o

ispunjavanju uvjeta iz rješenja o lokaciji, certifikat Državnog inspektorata, punjenje plinom i puštanje u rad, pregled i ispitivanje tijekom radnog vijeka.

Prilikom odabira lokacije na kojoj će se postaviti spremnik mora se obratiti pozornost na dopuštene udaljenosti od zgrada, drugih spremnika, raznih postrojenja, prometnica. O veličini spremnika, mjestu postavljanja, korištenoj zaštiti i o putu para koje se mogu ispustiti iz spremnika, ovisi najveća dopuštena udaljenost spremnika od okolnih objekata.

Postoje ograničenja za nadzemne spremnike koje se treba pridržavati, takvi spremnici postavljaju se izvan grada. Spremnici ili skladišne prostorije ukapljenog naftnog plina veće od  $500 \text{ m}^3$  moraju biti najmanje udaljene 30 m od zgrada ili postrojenja u kojima se radi sa ukapljenim naftnim plinom i od bilo kakvih skladišta sa zapaljivim tvarima. Velike spremnike potrebno je zaštititi od neovlaštenog pristupa. To se obavlja postavljanjem zaštitne ograde, a ako je spremnik postavljen uz tuđe zemljište ili susjedno zemljište postavlja se zaštitni zid.

Kad se radi o ukopanim spremnicima ili djelomično ukopanim spremnicima sigurnosna udaljenost je upola manja od nadzemnih spremnika i iznosi 15 m. Spremnik se ukopava toliko duboko da njegov vrh mora biti minimalno 150 mm ispod razine tla, pri čemu se mora omogućiti pristup priključnim i sigurnosnim instalacijama. Podzemni spremnici se ne smiju stavljati jedan iznad drugog. Razmak između spremnika mora biti minimalno 1 m a u krugu od 7,5 m ne smije se raditi s lako zapaljivim tvarima.

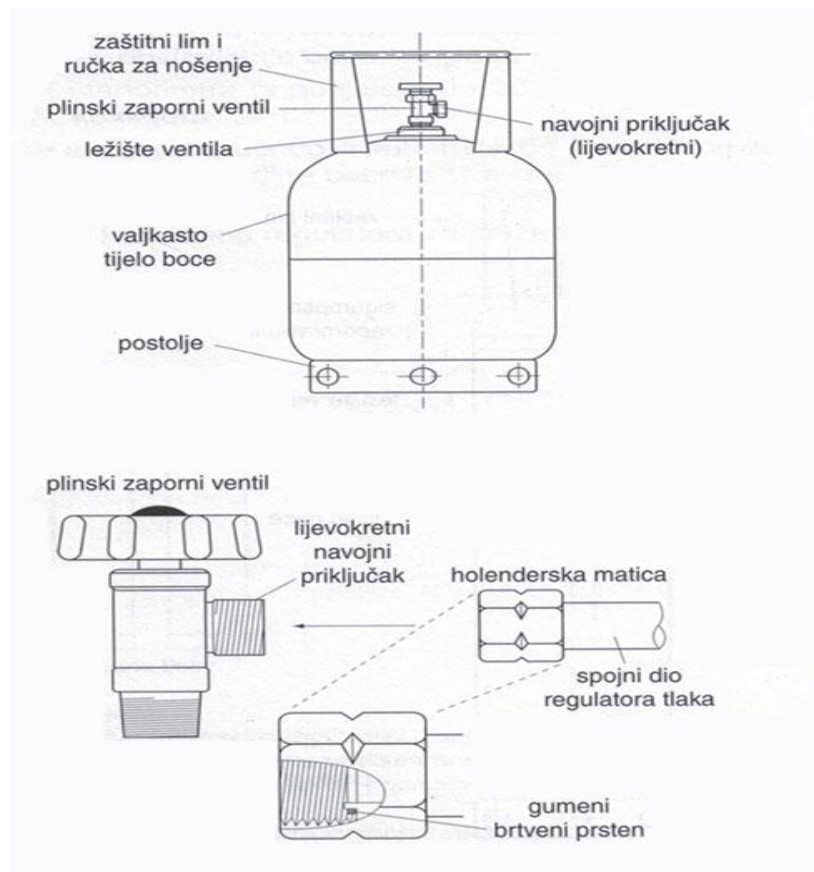
#### 4.4. PLINSKE BOCE

Plinske boce su najrašireniji primjer valjkastog spremnika za skladištenje i prijevoz ukapljenog naftnog plina. Gotovo u svakom kućanstvu se nalazi jedna plinska boca. Plinske boce se izrađuju od čelika i uvijek su narančaste boje. Svaka plinska boca mora na sebi podatke : broj, masu i volumen boce, datum proizvodnje i žig Državnog inspektorata.

Plinske boce se dijele prema veličini na male i velike. Pod malom plinskom bocom misli se na bocu volumena manjeg od 10 litara ili  $0,1 \text{ m}^3$ , dok se boce volumena iznad 10 do 500 litara smatraju velikim plinskim bocama. Kod nas se ova podjela ne vrši po volumenu već po masi. Za boce volumena 10 litara, nazivne mase maksimalno punjenje je 5 kg, dok je za velike plinske boce od 10 do 500 litara volumena, nazivna masa punjenja 10 do 35 kg.

Plinske boce nazivne mase punjenja od 10 kg. Moraju se sastojati od zaštitnog lima i ručaka za nošenje, ventila sa maticom, ležišta ventila, valjkastog tijela boce i postolja. Samo korištenje plinske boce veoma je jednostavno, nakon što se odvrne matica, na bocu se priključi regulator tlak koji je spojen na trošilom nakon toga sustav je spreman za korištenje ukapljenog naftnog plina iz boce.

Skladišni prostori plinskih boca i prijenosnih spremnika moraju biti smiješteni na ravnom prostoru sa prirodnim provjetravanjem, po mogućnosti izvan naselja. Boce i spremnici uskladištavaju se kod distributera u količini koja ne smije biti veća od 30 tona. Skladište boca i prenosnih spremnika ne smije biti pokraj objekata u kojima je veći broj ljudi, kao i na prostorima na kojima postoji opasnost od poplava. Vatrogasna oprema skladišta sastoji se najmanje od dva aparata za gašenje požara. Sva skladišta plinskih boca ukapljenog naftnog plina moraju sadržavati natpise koji upozoravaju na opasnost od požara i eksplozije (zabranjeno pušenje i prisutnost otvorenog plamena, nezaposlenima prisutnost zabranjena, opasnost od požara i eksplozije, obavezna uporaba alata koji ne iskri). Skladišta moraju biti tako izvedena da onemogućavaju oštećenje i otuđivanje boca. Zona opasnosti je 1 m u svim smjerovima oko ventila krajnih boca. Prazne boce moraju se odvajati od punih i označiti natpisom. Oko skladišta mora biti postavljena zaštitna ograda od najmanje 2 m. Boce ukapljenog naftnog plina ne smiju se postavljati jedna iznad druge, ako nisu osigurane od prevrtanja [6].



Slika 12. Plinska boca[12]

## 5. PRETAKALIŠTE UNP-a

Pretakalište ukapljenog naftnog plina je posebno opremljeno mjesto za pretakanje plina s uređajima trajno postavljeni za priključivanje prijevoznih cisterni. Mjesto, veličina i oprema instalacija ovisi o veličinama instalacija ukapljenog naftnog plina. U sustav pretakališta ulaze uređaji i oprema za priključenje stabilnih instalacija na prijevoznu auto cisternu ili vagonu cisternu, pristup prijevoznih cisterni pumpama odnosno kompresorskim stanicama potrebnih za pretakanje, električnih instalacija i elektromotornog pogona i protupožarne oprema.

S obzirom na fizikalno - kemijska svojstva ukapljenog naftnog plina, ovisno o raspoloživim uređajima i opremi, pretakanje ukapljenog naftnog plina iz prijevoznih cisterni u skladište ili iz skladišta u prijevozne cisterne može se odvijati na nekoliko načina :

- Pomoću kompresora za ukapljeni naftni plin
- Pomoću crpke uz izjednačavanje tlakova

- Pomoću crpke bez izjednačavanja tlakova
- Pomoću crpke i kompresora

Pretakalište mora biti udaljeno od:

- Skladišnih spremnika - najmanje 7,5 m
- Pristupnog puta - najmanje 2 m
- Javnog puta - najmanje 15 m
- Ostalih građevina u kojima može postajati opasnost od izvora paljenja - najmanje 15 m

Na pretakalištima se smiju upotrebljavati motori sa unutarnjim izgaranjem za pogone pumpe i kompresora, samo ako su smiješteni na autocisterni i opremljeni sa hvatačem iskre na ispušnoj cijevi motora.

Zaštitno područje pretakanja ukapljenog naftnog plina je pojas širine najmanje 7,5 m mjereno od priključenih cisterni. U zaštitnom području pretakališta ne smiju se nalaziti oprema niti materijali koji mogu biti mogući izvori paljenja. Skladišni spremnici ukapljenog naftnog plina moraju biti udaljeni najmanje 7,5 m od pretakališta plina. Svi priključni dijelovi pretakališta plina moraju biti nadzemno izvedeni. Pri pretakanju ukapljenog naftnog plina ne smije doći do razlike tlakova, ispuštanje ukapljenog naftnog plina u atmosferu, komprimiranjem zraka ili bilo kojeg drugog plina ili bilo kojim drugim pumpama i kompresorima osim onih koji su odabrani za pretakanje.

Tablica 2. Najveći dozvoljeni stupanj punjenja stabilnih spremnika i prijevoznih cisterni [8]

Gustoća plina u tekućem stanju na 15° C kp/cm <sup>3</sup>	Prijenosni spremnici i boce %	Nadzemni spremnici		Podzemni spremnici svih veličina %	Vagonske cisterne izolirane s K =1,537 KJ/m <sup>2</sup> h °C%	Vagonske cisterne sa zaštitom protiv sunčanih zraka %
		od 0 do 5000 litara %	preko 5000 litara %			
0,473 – 0,480	38	38	41	42	42	41
0,481 – 0,488	39	39	42	43	43	42
0,489 – 0,495	40	40	43	44	44	43
0,496 – 0,503	41	41	44	45	45	44

0,504 – 0,510	42	42	45	46	46	45
0,511 – 0,519	43	43	46	47	47	46
0,520 – 0,527	44	44	47	48	48	47
0,528 – 0,536	45	45	48	49	49	48
0,537 – 0,544	46	46	49	50	50	49
0,545 – 0,552	47	47	50	51	51	50
0,553 – 0,560	48	48	51	52	52	52
0,561 – 0,568	49	49	52	53	53	52
0,569 – 0,576	50	50	53	54	54	53
0,577 – 0,584	51	51	54	55	55	54
0,585 – 0,592	52	52	55	56	56	55
0,593 – 0,600	53	53	56	57	57	56
0,601 – 0,608	54	54	57	58	57	57
0,609 – 0,617	55	55	58	59	58	58
0,618 – 0,626	56	56	59	60	59	59
0,627 – 0,634	57	57	60	61	60	60

Najveća dopuštena količina punjenja tekuće faze za ukapljeni naftni plin izračunava se po formuli (1).

Tablica 3. Faktori korekcije obujma plina[8]

Tempe- ra-tura plina °C	Gustoća plina u tekućoj fazi													
	0,5 00	0,5 10	0,5 20	0,5 30	0,5 40	0,5 50	0,5 60	0,5 70	0,5 80	0,5 90	0,6 00	0,6 10	0,6 20	0,6 30
-20	1,0 97	1,0 93	1,0 88	1,0 84	1,0 40	1,0 76	1,0 73	1,0 69	1,0 66	1,0 64	1,0 61	1,0 58	1,0 56	1,0 54
-10	1,0 72	1,0 63	1,0 66	1,0 62	1,0 39	1,0 56	1,0 53	1,0 51	1,0 49	1,0 46	1,0 44	1,0 42	1,0 41	1,0 39
0	1,0 46	1,0 43	1,0 41	1,0 38	1,0 36	1,0 35	1,0 33	1,0 31	1,0 30	1,0 28	1,0 27	1,0 26	1,0 25	1,0 24
10	1,0 17	1,0 16	1,0 15	1,0 14	1,0 13	1,0 13	1,0 12	1,0 11	1,0 11	1,0 10	1,0 10	1,0 09	1,0 09	1,0 09

15	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00	1,0 00
18	0,9 93	0,9 94	0,9 94	0,9 94	0,9 94	0,9 95	0,9 95	0,9 95	0,9 96	0,9 96	0,9 96	0,9 96	0,9 96	0,9 96
20	0,9 86	0,9 87	0,9 87	0,9 88	0,9 89	0,9 90	0,9 90	0,9 90	0,9 91	0,9 91	0,9 92	0,9 92	0,9 92	0,9 93
22	0,9 79	0,9 81	0,9 81	0,9 82	0,9 83	0,9 84	0,9 85	0,9 86	0,9 87	0,9 87	0,9 88	0,9 88	0,9 89	0,9 89
24	0,9 74	0,9 75	0,9 76	0,9 77	0,9 78	0,9 79	0,9 80	0,9 81	0,9 82	0,9 83	0,9 84	0,9 85	0,9 86	0,9 86
26	0,9 67	0,9 69	0,9 71	0,9 73	0,9 74	0,9 76	0,9 77	0,9 78	0,9 79	0,9 80	0,9 81	0,9 82	0,9 83	0,9 83
28	0,9 61	0,9 63	0,9 66	0,9 68	0,9 69	0,9 71	0,9 72	0,9 74	0,9 76	0,9 77	0,9 78	0,9 79	0,9 80	0,9 80
30	0,9 54	0,9 56	0,9 59	0,9 61	0,9 64	0,9 66	0,9 67	0,9 69	0,9 71	0,9 72	0,9 73	0,9 75	0,9 76	0,9 77
32	0,9 47	0,9 50	0,9 53	0,9 55	0,9 58	0,9 60	0,9 62	0,9 64	0,9 67	0,9 68	0,9 69	0,9 71	0,9 72	0,9 74
34	0,9 40	0,9 44	0,9 47	0,9 50	0,9 53	0,9 55	0,9 58	0,9 60	0,9 63	0,9 65	0,9 66	0,9 68	0,9 69	0,9 71
36	0,9 33	0,9 37	0,9 41	0,9 45	0,9 48	0,9 51	0,9 53	0,9 56	0,9 58	0,9 60	0,9 62	0,9 64	0,9 65	0,9 67
38	0,9 27	0,9 32	0,9 36	0,9 40	0,9 43	0,9 46	0,9 49	0,9 52	0,9 54	0,9 57	0,9 59	0,9 61	0,9 62	0,9 64

Pretakališta mogu biti kod dobavljača ili korisnika. Na pretakalištima kod dobavljača smiju biti istovremeno priključene najviše četiri prijevozne cisterne. U luci ili na plivajućoj plutači pretakališta moraju biti posebno izvedeni objekti tako da predstavljaju samostalnu luku ili samostalno lučko postrojenje prema posebnim propisima. Na pretakalištima kod korisnika smije biti najviše priključena jedan prijevozna cisterna, a ni na jednom pretakalištu nije dozvoljeno punjenje plinskih boca.

Sigurnosne udaljenosti pretakališta kod korisnika:

- Skladišnih spremnika najmanje 3,5 m
- Pristupnog puta za cisterne najmanje 2 m
- Javnog puta najmanje 15 m
- Ostalih građevina u kojima može postojati opasnost od izvora paljenja najmanje 15 m

Završetak neprekidnih cjevovoda mora biti sigurno učvršćen u betonskom bloku, tako da se onemogući lom cijevi u slučaju pomicanja prijevoznih cisterni prije nego što se savitljivi spojevi rastave. Priključci za spajanje prijevoznih cisterni na pretakalištu moraju imati natpise na kojima se pokazuje da su spojeni s prostorom parne odnosno tekuće faze skladišnih spremnika.

Odušne cijevi i ventili moraju biti usmjereni okomito prema gore, visine najmanje 2 m iznad razine zemljišta.

Pod opremom pretakališta podrazumjeva se:

- Priključni cjevovodi parne i tekuće ukapljenog naftnog plina sa ugrađenom amaturom
- Priključne savitljive cijevi, pretakačke ruke
- Pumpe i kompresori
- Pristupni put s opremom
- Električni uređaji i instalacije
- Vatrogasna oprema

Sva oprema koja se koristi na pretakalištima mora biti pogodna za rad sa ukapljenim naftnim plinom. Armature i cjevovodi moraju se ispitati na tlak od najmanje 25 bara, hladnim vodenim tlakom.

U svim sustavima cjevovoda parne faze ukapljenog naftnog plina nalaze se zaporni : ventil protiv loma cijevi, sigurnosni ventil, pokazivač protoka, manometar i odušni ventil također. Na sustavima cjevovoda tekuće faze nalaze se zaporni : ventil protiv loma cijevi, manometar i odušni ventil.

Priključivanje prijevoznih cisterni na pretakalištima mora biti izvedeno sa cijevima koje su isključivo predviđene za pretakanje ukapljenog naftnog plina, te cijevi su savitljive i zglobne. Savitljive cijevi ispituju se jedanput u šest mjeseci hladnim vodenim tlakom od 25 bar. Na ispitane cijevi stavlja se žuta naljepnica s datumom ispitivanja ili se o tome vodi posebna evidencija. Tijekom pretakanja ili ispitivanja opreme na pretakalištu mora uvijek biti prisutna odgovorna osoba.



## 5.1. PUMPE I KOMPRESORI ZA PRETAKANJE UNP-a

Pumpe i kompresori služe za prijenos plina iz prijevoznih sredstava u stabilne spremnike ukapljenog naftnog plina. Prema namjeni pumpe i kompresori mogu se postaviti:

- Na pretakališta stabilnih UNP instalacija za pretakanje plina iz sredstva prijevoza u skladišni spremnik i obrnuto
- Unutar UNP instalacija za prijevoz i skladištenje
- U pogone za punjenje boca i prijenosnih spremnika
- Na sredstvima za prijevoz

U pravilu pumpe i kompresori ne smiju se postavljati ispod razine terena niti u bilo kakva udubljenja, a ne smiju biti neposredno postavljeni niti na priključak skladišnih spremnika. Ako nisu pokretni moraju biti postavljeni i pričvršćeni na betonski temelj čija je razina najmanje 10 cm iznad okolnog terena. Pumpe i kompresori mogu biti postavljeni na otvorenom prostoru ili u građevinama (pumpnim kompresorskim stanicama) posebice opremljeni u tu svrhu.

Pumpe i kompresori na pretakalištu, mjereno od garbarita moraju se nalaziti na udaljenosti od:

- Skladišnih spremnika najmanje 1m
- Priključnog uređaja za prijevozne cisterne najmanje 1m
- Priključnog uređaja za prijenosne cisterne najmanje 3m
- Pristupnog puta pretakališta najmanje 2 m
- Javnog puta najmanje 15 m
- Bilo kojeg mogućeg izvora paljenja najmanje 15 m

Građevine u kojima su postavljene pumpe i kompresori moraju ispunjavati slijedeće uvjete:

- Zidovi moraju imati vatrootpornost najmanje šest sati
- Pod mora biti uzdignut od okolnog terena najmanje 10 cm
- Krov mora biti od laganog materijala, ispod kojeg je pričvršćena zaštitna mreža

- Vrata i prozori moraju se otvarati prema van
- Mora biti dobro osvjetljen
- Mora imati ventilaciju sa prirodnom cirkulacijom zraka
- Ventilacijski otvori moraju biti postavljeni pri podu ili stropu postrojenja

Kompresori moraju biti spojeni na tako da uvijek prazne i pune samo parnu fazu, a pumpe samo tekuću fazu plina. Spajanje pumpe i kompresora na nepokretni cjevovod mora biti elastično izvedeno pomoću kratke savitljive cijevi na usisnom priključku. Pumpe i kompresori s električnim pogonom, bez obzira na mjesto postavljanja, moraju imati motor i električnu instalaciju u skladu sa odredbom pravilnika o standardima za protueksplozijsku zaštitu. Neovisno o mjestu postavljanja, pumpe i kompresori moraju biti uzemljeni. Priključni cjevovodi pumpa i kompresora moraju biti označeni brojevima, a sigurnosni ventil crvenim prstenima na svojim priključcima. Uz pumpe i kompresore uvijek se moraju nalaziti upute za rukovanje i znaci ili natpisi upozorenja.

## 5.2. PRISTUPI, PROMETNICE NA PRETAKALIŠTIMA UNP-a

Za pristup svih prijevoznih cisterni do mjesta priključenja na pretakalištu, moraju postojati pristupni putevi ili kolosjeci. Pristupni putevi odnosno kolosjeci ne smiju se nalaziti na nagibima ili kosim površinama terena, znači vodoravni dio pristupnog puta odnosno pristupnog kolosjeka mora biti ravan i dvostruko dulji od ukupne duljine priključenih cisterni, tako da se obostrano mogu odvojiti ugrožene auto odnosno vagon cisterne.

Na pristojnom kolosjeku postoji odgovarajući trajno postavljeni zaustavljači. Podmeci za osiguravanje vozila od pokretanja za vrijeme pretakanja, također moraju imati čeličnu užad duljine 15 m.

Na početku pristupnog puta postavljaju se ovi vidljivi natpisi (zabranjeno pušenje i pristup sa otvorenim plamenom, nezaposlenima pristup zabranjen, opasnost od požara i eksplozije, stop cisterna priključena, obavezna uporaba alata koji ne iskri) [7].



Slika 13. Vidljivi znakovi koji se postavljaju na pristupni put[13]

Promet cisterni na pretakalištu odvija se na za to određenim i označenim putovima. Za vrijeme pretakanja u zoni pretakališta nije dopušteno pristup vozilima koja nisu namijenjena za prijevoz ukapljenog naftnog plina. Putevi i kolosjeci na kojima se zadržavaju auto i vagon cisterne moraju biti izrađeni, održavani i korišteni tako da međusobno nesmetano odgovaraju svojoj namjeni, zahtjevima propisa o sigurnosti u prometu i zaštiti od požara.

Autocisterne smiju pristupiti pretakalištima samo sa hvatačem iskre postavljenim na ispušne cijevi motora. Kotači prijevoznih cisterna moraju za vrijeme pretakanja biti zakočene i osigurane za tu svrhu izrađenim podmecima. Pristupni kolosjeci također su uvijek uzemljeni.

Prije i nakon pretakanja utvrđuje se ispravnost prijevoznih cisterni i to od stručne i odgovorne osobe pod čijim se nadzorom obavljaju sve manipulacije na pretakalištu.

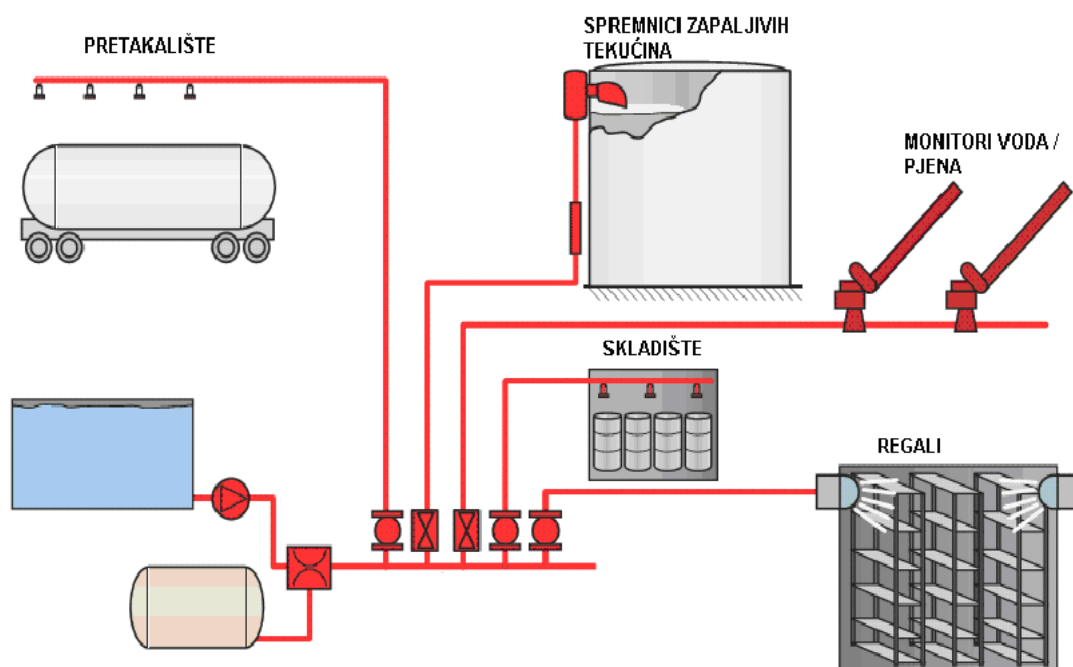
### 5.3. SIGURNOSNA OPREMA NA PRETAKALIŠTIMA UNP-a

Pretakalište mora biti na prikladan i siguran način zaštićeno od izvora topline i požara:

- Instalacijom za raspršavanje vode kapaciteta 100 l/m, površine svih priključenih cisterni, u trajanju od dva sata sa tlakom vode na mlaznicama od najmanje 3,5 bar ili instalacijom za raspršenu vodu sa izvedenim e vode, stalno priključenim na hidrantsku mrežu, s tlakom od najmanje 8 bara.
- Hidrantska mreža s najmanje dva nadzemna hidranta protoka vode 10l/sek u trajanju dva sata.

Na pretakalištu broj prijevoznih aparata za gašenje požara određuje se tako da za svaku priključenu cisternu bude osigurano 50 kg praha ili drugog odgovarajućeg sredstva za gašenje požara.

Vatrogasna oprema pumpi i kompresora sastoji se od ručnog aparata za gašenje požara kapaciteta punjenja od 9 kg praha ili drugog sredstva za gašenje požara, postavljeno uz agregat.



Slika 14. Prikaz sustava na pretakalištu [14]

#### 5.4. SIGURNOSNI POSTUPAK U SLUČAJU ISTJECANJA UNP-a

U tehnološkom procesu istakanja cisterni u radu isparivačke stanice ili na priključnoj amaturi spremnika za ukapljeni naftni plin postoji mogućnost iznenadnog pucanja fleksibilnih priključnih cijevi ili amature ventila na spremnicima ili na isparivačkoj stanici. Tada dolazi do nekontroliranog isticanja velikih količina ukapljenog naftnog plina koji može ugroziti široki dio okoliša. Zato je važno da se pravodobnom i ispravnom intervencijom spriječi nastanak požara i eksplozije.

Ako prilikom istakanja auto cisterne dođe do pucanja fleksibilne gume priključne cijevi potrebno je odmah uz pomoć užeta zatvoriti brzozatvarajući ventil na autocisterni i isključiti pumpu ili kompresor na pretakalištu. Autocisterna se obavezno polijeva vodom iz stabilne instalacije, a zatvaranje ventila na autocisterni treba se izvesti pomoću izolacijskog aparata za zaštitu organa za disanje uz uporabu zaštitnih organa, a osoba koja obavlja intervenciju mora biti sa leđa zaštićena mlazom vode.

U slučaju isticanja ukapljenog naftnog plina iz stabilnih spremnika za ukapljeni naftni plin postupak je isti kao i kod prevoznih cisterni.

U slučaju nekontroliranog isticanja plina u isparivačkoj stanici, odmah se zatvara glavni ventil tekuće faze na vanjskom zidu isparivačke stanice ali i svi ventili na izlazu iz spremnika. Obavezno se isključuje električna struja, gasi se kotlovnica, dok se ne obavi provjetrivanje isparivačke stanice.

U slučaju nekontroliranog isticanja plina na stanici za punjenje auto plina, a to se može dogoditi zbog puknuća gumene priključne cijevi, potrebno je odmah isključiti pumpu i zatvoriti ventil prema agregatu za punjenje. Svaki pristup otvorenom plamenu treba odmah onemogućiti te isključiti sve izvore paljenja i pripremiti vatrogasni aparat za gašenje zbog mogućeg nastanka požara [8].

#### 5.5. PUNJENJE PLINSKIH BOCA I PRIJENOSNIH SPREMNIKA

Punjenje plinskih boca i prijenosnih spremnika odvija se u pogonima odnosno punionicama ukapljenog naftnog plina. Pod pogone i punionice podrazumjevaju se prostorije izgrađene i posebno opremljene za tu namjenu.

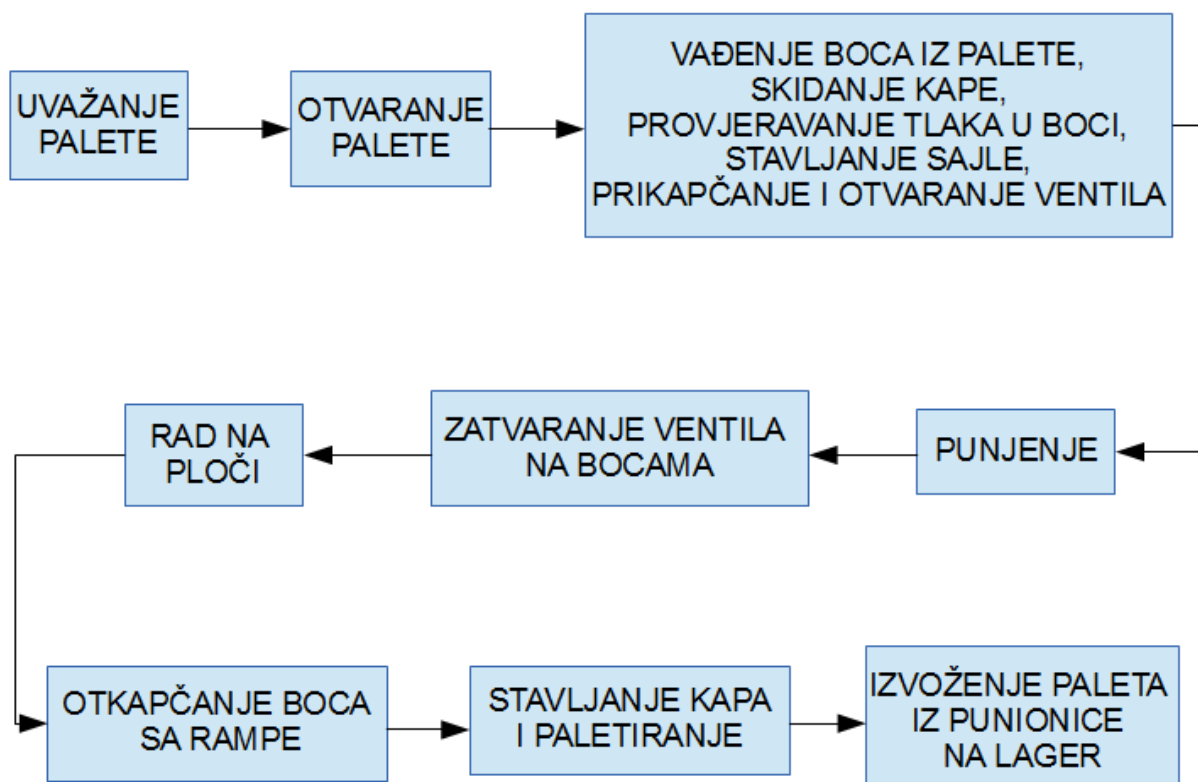
Punionice ukapljenog naftnog plina u svom sastavu mraju imati:

- Spremnike
- Pretakališta za prijevozne cisterne
- Uređaje i instalacije za punjenje boca i prijenosnih spremnika
- Uređaje i instalacije za punjenja pogonskih vozila koji koriste ukapljeni naftni plin
- Skladište boca i prenosnih spremnika
- Pomoćne uređaje i mjesta za pregled i ispitivanje boca

Svi uređaji za punjenja boca i spremnika mogu biti smješteni u objektu pod uvjetom da objekt zadovoljava sljedeće uvjete:

- Izgrađena od materijala što osigurava vatrootpornost najmanje 120 minuta
- Da je krov izgrađen od lagane konstrukcije
- Prostoriji se mora vršiti prirodna strujanje zraka
- Pod uzdignut 20 cm
- Da se vrata i prozori otvaraju prema van

Rad u postrojenjima se mora vršiti pod neposrednim nadzorom stručne osobe prema propisanim postupcima i uputama za siguran rad i postupanje u slučaju požara i eksplozije. Boce i spremnici u postrojenjima ne smiju biti izloženi temperaturi višoj od temperature u toj prostoriji.



Slika 15. Dijagram punjenja plinskih boca[15]

## 5.6. ISPARIVAČI UNP-a

Isparivač je dio instalacije za ukapljeni naftni plin koji služi za njegovo provođenje u plinovito stanje kada je u slučaju većih količina plina temperatura okolice više nije dovoljna za ostvarivanje prirodnog isparivanja. Nažalost ne možemo kontrolirati temperaturu okolice pa nam samo preostaje povećati veličinu spremnika.

Temperatura koja je potrebna za provođenje ukapljenog naftnog plina iz kapljevito u plinovito stanje pri uporabi isparivača iznosi 420 do 500°C .

Isparivači može biti postavljen:

- Na otvorenom prostoru sa ili bez nadstrešnice
- U namjenskoj građevini (isparivačka stanica)
- U građevini koja nije isključivo građevina za postavljanje isparivača
- U građevinu prislonjenu na neki drugi objekt
- Neposredno na ili uz spremnik ako konstrukcija zadovoljava propise

Za zagrijavanje isprivača mogu se koristiti alternativni izvori kao npr.: topla voda, zasićena vodena para niskog tlaka, električnim grijačem s diteričkim uljem i otvoreni plamen. Uređaji za zagrijavanje isparivača moraju imati termološku regulaciju ili drugi automatski sigurnosni uređaj za zatvaranje, radi spriječavanja istjecanja ukapljenog naftnog plina u slučaju da se ohladi ili da nestane plamen.

U sustav isparivača postavljaju se uređaji za redukciju i regulaciju tlaka. Svaki isparivač mora biti tako konstruiran da onemogući ulaz tekuće faze plina u plinski vod trošila [9].

## **6. PRIMJENA UNP-a ZA POGON VOZILA**

Ukapljeni naftni plin u posljednje vrijeme kao pogonsko gorivo u motorima vozila ima brojne ekološke, ali i ekonomske prednosti nad uobičajnim benzinskim i dizelskim gorivama.

Nije ni čudno da se upravo ukapljeni naftni plin i jednim dijelom prirodni plin u usporedbi sa ostalim alternativnim rješenjima za pogon vozila: alkoholom, gorivim ćelijama, vodikom i električnom strujom, smatra najboljim zamjenom. Dodatna je pogodnost da se postojeći benzinski motori mogu prilagoditi plinskom pogonu bez mnogo preinaka, a najčešće su bivalentne izvedbe, to jest mogućnost trenutnog prebacivanja pogonskog goriva.

Prema UN/ECE pravilniku serija 67-01, minimalna skupina opreme za ugradnju u motorno vozilo s pogonom na ukapljeni naftni plin autoplin čini:

- Spremnik plina
- Armatura priključena na spremnik
- Isparivač i regulator tlaka
- Ventil za prekid toka plina
- Uređaj za ubrizgavanje plina
- Uređaj za doziranje plina
- Fleksibilne cijevi
- Uređaj za punjenje
- Protupovratni ventil
- Ventil za rasterećenje visokog tlaka



- Filter
- Senzor tlaka i temperature
- Pumpa za plin
- Servisna spojnica
- Elektronska upravljačka jedinica
- Rampa za ubrizgavanje plina

U Europi postoji veliki broj proizvođača opreme za autoplin, a najviše su zastupljeni u Njemačkoj, Italiji, Francuska i Nizozemska. Na prostorima jugoistočne Europe najčešće su prisutni proizvođači iz navedenih velikih Europskih država koji isporučuju opremu u specijalnim kompletima namjenjeni određenim markama automobila i tipove automobila.

Svi se dijelovi instalacija izrađuju od materijala koji je otporan na djelovanje ukapljenog naftnog plina i na mjenjanje njegovog svojstva, te u dodiru s njime nisu zapaljivi. Osnova sustava vozila na ukapljeni naftni plin je spremnik koji kao sve već navedeni spremnici mora imati dopuštenje Državnog inspektorata, a na njemu se moraju nalaziti oznaka na kojoj stoji:

- Naziv proizvođača, datum i godina proizvodnje
- Naziv plina sa kojime se puni
- Volumen spremnika u litrama
- Datum posljednjeg pregleda i ispitivanja, te pečat ustanove koja je provela ispitivanje
- Najveća dopuštena masa plina pri punjenju

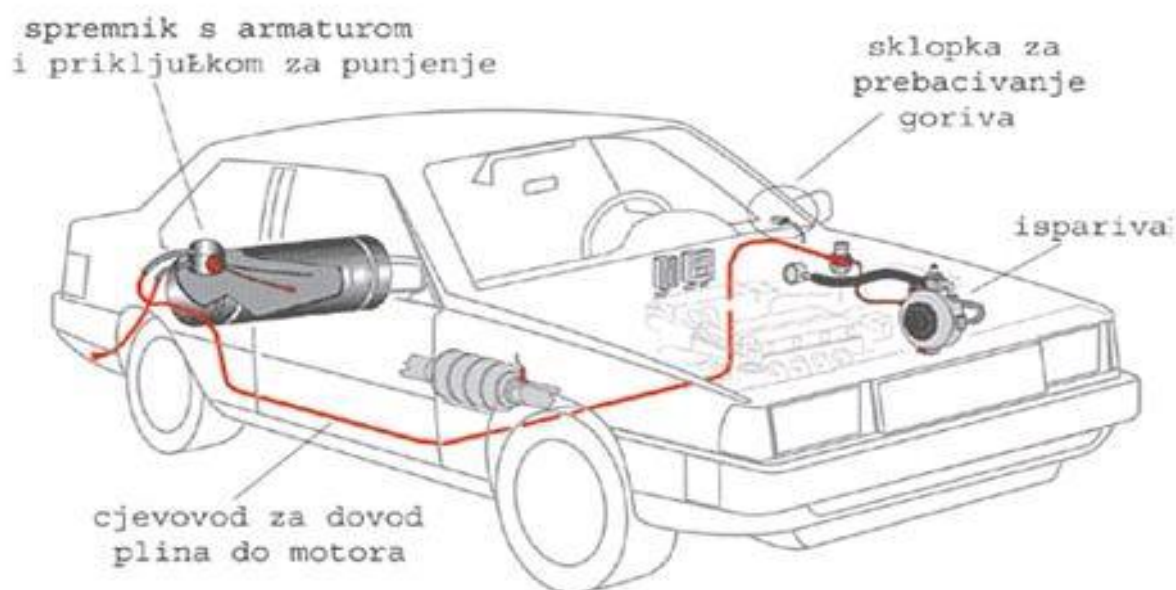
Na spremniku se nalazi oprema koja, kao i kod običnih spremnika, jamči njegovu sigurnu uporabu. Ona uključuje glavni ventil spremnika, ventil za sprečavanje protoka, uređaj za osiguranje od previsokog tlaka, pokazivač razine, zaštitno kućište, priključak za punjenje sa protupovratnim ventilom i zaporni ventil.

Osim spremnika i ostali dijelovi moraju zadovoljavati temeljne zahtjeve. Ugradnja spremnika, uređaja i opreme za pogon motornih vozila ukapljenim naftnim plinom smatra se vozila koju smiju izvoditi samo ovlašteni servisne radionice koje o

izvedenim radovima izdaju odgovarajuću izjavu čiji sadržaj utvrđuje ovlaštena institucija. Uređaji i oprema moraju biti ugrađeni u granicama dimenzije vozila u koji se ugrađuju. Nakon ugradnje ispituju se nepropusnost i osovinska opterećenja.

Prilikom ugradnje spremnika treba voditi račune o osnovnim mjerama sigurnosti:

- Ispušni plinovi motora ne smiju se usmjeriti prema spremniku
- Plin koji bi mogao istjecati iz spremnika, opreme ili spojeva ne smije biti usmjeren prema ispušnom sustavu
- Spremnik se mora zaštititi od djelovanja sunčevih zraka
- Spremnik se mora mehanički zaštititi od vanjskih utjecaja
- Spremnik se ne smije ugraditi predjelu motora niti kod prednjih osovina
- Ugradnja od stražnjeg branika mora biti 20 cm
- Uvijanje i vibracija vozila ne smiju imati nikakav nepovoljni utjecaj
- Prišćvrćenja ne smiju biti izvedena sa oštrim bridovima



Slika 16. Instalacije UNP-a u automobilu[10]

Sva vozila sa pogonom na ukapljeni naftni plin moraju se označiti sa naljepnicom na prednjem vjetrobranskom staklu ili na stražnjem staklu vozila.

## 6.1. SIGURNOST PRILIKOM KORIŠTENJA UNP-a ZA POGON VOZILA

Ukapljeni naftni plin ima najnižu granicu eksplozivnosti od svih ostalih goriva koja se koriste za pogon vozila. Ako slučajno dođe do nekontroliranog isticanja, tekući ukapljeni naftni plin se neće zapaliti dok izvor paljenja ne postigne temperaturu od 500°C, što je povoljnije od benzina kod kojega dolazi do zapaljenja na dvostruko nižoj temperaturi 220 do 250°C.

Spremnici autoplina koji se ugrađuju u vozila napravljeni su od čelika ili od kompozitnih materijala i ispitani prema najstrožim standardima, radi osiguravanja prilikom udara, eksplozije i požara.

Suvremene instalacije ugrađene u vozila na pogon sa ukapljenim naftnim plinom opremljeni su uređajima za osiguranje od visokih tlakova, pucanja cijevnih vodova, udesa vozila i požara.

Opskrba vozila plinom odvija se na sličan način kao i kod vozila koja idu na benzin ili dizelom. Poput benzina i dizela ukapljeni naftni je u tekućem stanju i spremnik se puni pomoću pumpnog automata i pištolja za punjenje kroz savitljivo crijevo. Pumpa se automatski zaustavlja kada je spremnik napunjen do 80% volumena, tako da nema opasnosti od prepunjavanja spremnika. Ne može se dogoditi da se u spremnik autoplina puni neko drugo gorivo zbog različitih priključnih otvora za punjenje.

Kao za benzin i dizel, na amaturnoj ploči je montiran indikator količine autoplina u spremniku. Vozila na plin koriste benzin i plin iz odvojenih spremnika, tako da se automatski prelazi na drugo gorivo prilikom nestanka trenutno korištenog goriva.

Opskrba ukapljenim naftnim plinom svakodnevno se povećava izgradnjom novih novih punionica, bilo uz postojeće benzinske postaje ili zasebne smještene na prikladnim mjestima za distribuciju. Prema podacima Svjetskog udruženja za ukapljeni naftni plin u svijetu instalirano oko 40 000 punionica autoplina od toga 60% u Europi [10].

## **7. EKOLOŠKA PRIMJENA UNP-a**

Prema istraživanjima vodećih svjetskih institucija provedenih tijekom posljednjih dvadeset godina utvrđeno je da na ukupno zagađenje okolišta najviše utječu industrija i energetika 50%, prijevoz 30% te stanovanje 20%.

Ukapljeni naftni plin kao energent je vrlo dobar s ekološkog stajališta i ima sve veću učinkovitost u očuvanju ozonskog omotača. Direktno izgaranje bez dima, pepela, čađe i neugodnih mirisa te odsutnosti sumporovih spojeva, u odnosu na ostala fosilna goriva, te doprinosi u smanjenju pojave kiselih kiša i ostalih produkata emisije štetnih plinova, kao na području energetskega rješavanja objekata te u prometu [11].

## 8. ZAKLJUČAK

Ukapljeni naftni plin je kod standardnog stanja u plinovitom stanju, a pri relativno niskim pretlacima ili temperaturama prelazi u kapljevito stanje. On je bezbojan i nema mirisa, ali je teži od zraka pa se skuplja po podu. Vrlo je zapaljiv i stvara čađu pri izgaranju žutim plamenom. Proces dobivanja naftnog plina iz prirodnog plina odvija se prilikom odvajanja propana i butana. Naknadnim miješanjem njihovih struja u odgovarajućem omjeru, nastaje ukapljeni naftni plin. Za dobivanje ukapljenog naftnog plina iz nafte, potrebno je naftu rafinerijski preraditi. Dio ugljikovodika koji čine ukapljeni naftni plin izdvaja se u kolonama za frakcijsku destilaciju u kojima se proizvode laki benzin, petrolej, loživo i plinsko ulje. Daljnim postupcima prerade (kreiranje, hidriranje i reformiranje) dobivamo ukapljeni naftni plin.

## 9. LITERATURA

- [1] **Strelec, V:** Plinski priručnik 6. Dopunjeno izdanje, Zagreb, Energetika marketing 2014.
- [2] **Labudović, B:** Ukapljenin naftni plin-osnove primjene, Zagreb, Energetika Marketing 2000.
- [3] **Zelić, M:** Tehnologija sabiranja i pripreme nafte i plina za transport, Zagreb, INA-Naftaplin 1987
- [4] **Rojely, A. & Jaffret, C:** Natural Gas: Production Processing, Paris: Editions Technip, 1997.
- [5] **Rudan, S:** Sigurnost konstrukcije spremnika ukapljenog plina; Doktorska dizertacija, Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje 2006.
- [6] <https://www.ina.hr>
- [7] **Igor, R:** Protupožarna Tehnološka preventiva, Zagreb, Biblioteka Nading, 1997.
- [8] Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu „Narodne Novine“ Broj 117/07
- [9] Zakon o zaštiti od požara „Narodne Novine“ Broj 92/10
- [10] **Aleksandrov, T:** Praćenje stanja motora na pogon alternativnog goriva; Diplomski rad; Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2005.
- [11] Zakon o zaštiti prirode „Narodne Novine“ Broj 80/13

## 10. POPIS SLIKA I TABLICA

### POPIS SLIKA

Slika 1. Molekule propana i butana[ <a href="http://www.elpigaz.com/pl/index">http://www.elpigaz.com/pl/index</a> ].....	2
Slika 2. Diagram proizvodnje UNP-a pri preradi nafte[2] .....	8
Slika 3. Naftna i plinska polja kod Ivanić Grada[ <a href="http://www.tsrb.hr/">http://www.tsrb.hr/</a> ] .....	9
Slika 4. Reaktora za ukapljivanje plina iz nafte[ <a href="http://www.tsrb.hr/">http://www.tsrb.hr/</a> ] .....	12
Slika 5. Četveroosovinska vagon cisterna Zagkks-z 791[ <a href="http://www.hzcargo.hr/">http://www.hzcargo.hr/</a> ].	14
Slika 6. Autocisterna za prijevozu ukapljenog naftnog plina [10].....	15
Slika 7. Tanker za prevoz ukapljenog naftnog plina [ <a href="http://pomorac.net">http://pomorac.net</a> ].....	16
Slika 8. Podijela rezervara na tankeru za prevoz ukapljenog naftnog plina [7].....	17
Slika 9. Mali nadzemni spremnik za domaćinstvo [6].....	17
Slika 10. Podzemnog spremnika [ <a href="http://www.grijanje-nikolic.hr">http://www.grijanje-nikolic.hr</a> ] .....	21
Slika 11. Prikaz pločice za propan-butan [ <a href="http://www.duro-dakovic.com/">http://www.duro-dakovic.com/</a> ].....	22
Slika 12. Plinska boca[ <a href="https://www.fsb.unizg.hr/">https://www.fsb.unizg.hr/</a> ].....	26
Slika 13. Vidljivi znakovi[ <a href="http://www.vatrogasci-opatija.hr/">http://www.vatrogasci-opatija.hr/</a> ].....	33
Slika 14. Prikaz sustava na pretakalištu[ <a href="http://www.croenergo.eu">http://www.croenergo.eu</a> ].....	34
Slika 15. Dijagram punjenja plinskih boca[ <a href="http://www.messer.hr/">http://www.messer.hr/</a> ].....	37
Slika 16. Instalacije UNP-a u automobilu [10].....	40

### POPIS TABLICA

Tablica 1. Svojstva trgovačkog propana i butana [2].....	6
Tablica 2. Najveći dozvoljeni stupanj punjenja stabilnih spremnika i prijevoznih cisterni[8] .....	28
Tablica 3. Faktori korekcije obujma plina[8] .....	29

## 11. PRILOZI

### POPIS KORIŠTENIH SIMBOLA

UNP	.....	Ukapljeni naftni plin
LPG	.....	Liquified petroleum gas
PVC	.....	Vinil-klorid
°C	.....	Temperatura
g/mol	.....	Molarna masa
CO <sub>2</sub>	.....	Ugljikov dioksid
H <sub>2</sub> O	.....	Voda
Mj/m <sup>3</sup>	.....	Megajul po metru kubnom
l/m <sup>3</sup>	.....	Litara po metru kubnom
g/m <sup>3</sup>	.....	Grama po metru kubnom
%	.....	Postotak
H <sub>2</sub> S	.....	Sumporovodik
mm	.....	Milimetri
cm	.....	Centimetri
m	.....	Metri
m <sup>2</sup>	.....	Metri na kvadrat
m <sup>3</sup>	.....	Kubični metri
l/min	.....	Litara po minuti
kg	.....	Kilogrami
V <sub>p</sub>	.....	Najviši dopušteni volumen
V <sub>sp</sub>	.....	Stvarni volumen spremnika
s	.....	Stupanj punjenja
y	.....	Specifična težina
K	.....	Volumni koleraciski faktor
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	.....	Propan
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	.....	Butan